

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

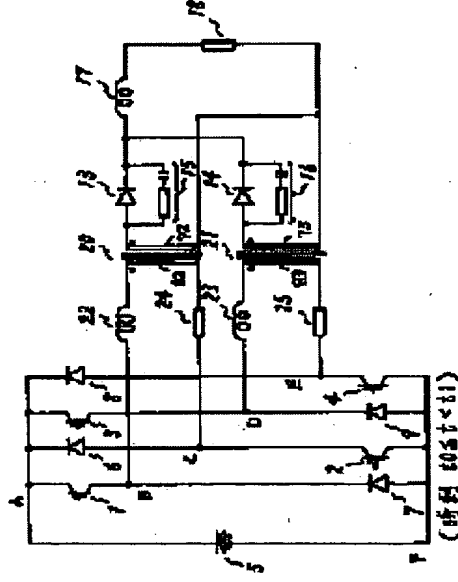
DC-DC CONVERTER

Patent number: JP10004680
Publication date: 1998-01-06
Inventor: ANDOU AKINAGA; YABUNISHI YASUHIRO; YAMA
Applicant: MITSUBISHI ELECTRIC CORP
Classification:
- international: H02M3/28; H02M1/00; H02M3/335
- european:
Application number: JP19960154318 19960614
Priority number(s):

Abstract of JP10004680

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress the surge voice of a DC-DC converter by suppressing power losses generated in a rectifier and snubber circuit by connecting the other ends of first and third (or second and fourth) switching elements and the anodes (cathodes) of second and fourth (or first and third) flywheel diodes to the anode (cathode) of a DC power source.

SOLUTION: The other ends of the first and third (second and fourth) switching elements 1 and 3 (2 and 4) and the anodes (or cathodes) of second and fourth (first and third) flywheel diodes 6 and 8 (7 and 9) are collectively connected to the anode (cathode) of a DC power source 5 at a connecting point A (F) and, at the same time, the output terminals of first and second rectifier diodes 13 and 14 are connected in parallel with a load resistor 18. Since no active reverse current is abruptly impressed upon the switching elements 1-4 from the forward current of a secondary-side rectifier, the very large spike-like current which flows, when the switching elements 1-4 are switched, does not flow and the losses and noise which occurs in the elements 1-4 and rectifier can be reduced.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-4680

(43) 公開日 平成10年(1998) 1月6日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 2 M 3/28			H 0 2 M 3/28	W
				C
	1/00		1/00	F
	3/335		3/335	E
// H 0 2 M 7/48		9181-5H	7/48	D
審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 19 頁)				

(21) 出願番号 特願平8-154318

(22) 出願日 平成8年(1996) 6月14日

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 安藤 彰修

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内

(72) 発明者 薮西 康弘

兵庫県明石市大久保町江井ヶ島875番地の
1 神戸電機産業株式会社内

(72) 発明者 山 浩

兵庫県明石市大久保町江井ヶ島875番地の
1 神戸電機産業株式会社内

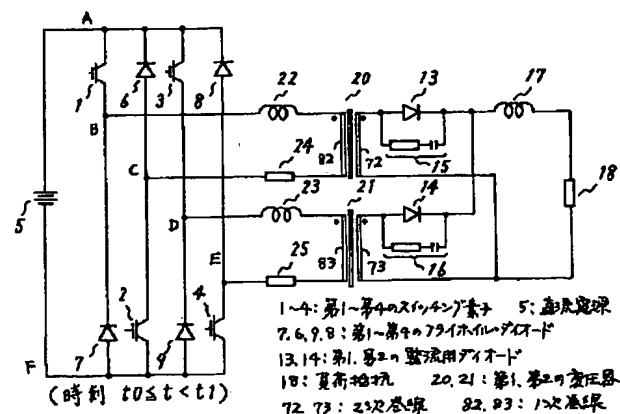
(74) 代理人 弁理士 宮田 金雄 (外3名)

(54) 【発明の名称】 DC/DCコンバータ装置

(57) 【要約】

【課題】 整流器、スナバ回路、あるいはまたスイッチング素子におけるスイッチング損失を低減する。

【解決手段】 第1～第4のスイッチング素子1～4と、第1～第4のフライホイール・ダイオード7、6、9、8とでブリッジ回路を2つ作り、その各々に互いに電磁的に独立した第1、第2の変圧器20、21を接続する。2次側は各々に第1、第2の整流用ダイオード13、14を接続し、並列に負荷抵抗18に接続する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1～第4のスイッチング素子と、これらのうちの第1、第3のスイッチング素子の一端にそれぞれ陽極が接続された第1、第3のフライホイル・ダイオードと、上記第2、第4のスイッチング素子の一端にそれぞれ陰極が接続された第2、第4のフライホイル・ダイオードと、上記第1、第2のスイッチング素子の一端間に1次巻線が接続された第1の変圧器と、この第1の変圧器とは電磁的に独立して上記第3、第4のスイッチング素子の一端間に1次巻線が接続された第2の変圧器と、上記第1、第2の変圧器の2次巻線にそれぞれ接続された第1、第2の整流器とを備え、上記第1、第3のスイッチング素子の他端と上記第2、第4のフライホイル・ダイオードの陽極とを直流電源の陽極に接続し、上記第2、第4のスイッチング素子の他端と上記第1、第3のフライホイル・ダイオードの陰極とを上記直流電源の陰極に接続するとともに、上記第1、第2の整流器の出力端を並列にして負荷に接続することを特徴とするDC/DCコンバータ装置。

【請求項2】 第1～第8のスイッチング素子と、これらの第1～第8のスイッチング素子にそれぞれ並列接続された第1～第8のフライホイル・ダイオードとを備え、上記第1、第3、第5、第7のフライホイル・ダイオードの陰極と上記第2、第4、第6、第8のフライホイル・ダイオードの陽極とをそれぞれ接続するとともに、上記第1、第3のフライホイル・ダイオードの陰極間に1次巻線が接続された第1の変圧器と、この第1の変圧器とは電磁的に独立して上記第5、第7のフライホイル・ダイオードの陰極間に1次巻線が接続された第2の変圧器と、上記第1、第2の変圧器の2次巻線にそれぞれ接続された第1、第2の整流器とを備え、上記第1、第3、第5、第7のフライホイル・ダイオードの陽極を直流電源の陽極に接続し、上記第2、第4、第6、第8のフライホイル・ダイオードの陰極を上記直流電源の陰極に接続するとともに、上記第1、第2の整流器の出力端を並列にして負荷に接続することを特徴とするDC/DCコンバータ装置。

【請求項3】 第1、第2の変圧器それぞれの1次巻線と直列にリアクトルを接続したことを特徴とする請求項1または2記載のDC/DCコンバータ装置。

【請求項4】 第1、第2の整流器はそれぞれ逆並列接続された整流能力を持つスイッチング素子であることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載のDC/DCコンバータ装置。

【請求項5】 負荷に接続するための出力端子が絶縁物を介してフラット面を対向させて一体化した平行平板で構成されるとともに、第1、第2の変圧器の鉄心脚を互いに平行に配置して上記両鉄心脚の互いの対向面から上記出力端子を引き出し、第1、第2の整流器をそれぞれ上記第1、第2の変圧器と一体的に配置して、上記第1

の整流器の両極をそれぞれ上記第1の変圧器の2次巻線と上記出力端子の一方とに接続するとともに、上記第2の整流器の両極をそれぞれ上記第2の変圧器の2次巻線と上記出力端子の他方とに接続したことを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載のDC/DCコンバータ装置。

【請求項6】 負荷に接続するための出力端子が絶縁物を介してフラット面を対向させて一体化した平行平板で構成されるとともに、第1、第2の変圧器の鉄心脚を互いに平行に配置して上記両鉄心脚の互いの対向面から上記出力端子を引き出し、第1、第2の整流器をそれぞれ上記第1、第2の変圧器の2次巻線の途中に接続して上記第1、第2の変圧器と一体的に配置したことを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載のDC/DCコンバータ装置。

【請求項7】 第1、第2の整流器を、それぞれ複数の整流素子を並列にして構成するとともに、第1、第2の変圧器の2次巻線を、電流の流れる方向に沿って設けられた切り込みを有する導体板で構成し、上記第1、第2の変圧器の2次巻線の上記切り込みにより分割されたそれぞれの部分に上記整流素子を接続したことを特徴とする請求項5または6記載のDC/DCコンバータ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は直流・直流間の変換を行うDC/DCコンバータ装置に関するものであり、特に、電気メッキやアルマイト処理に用いる低電圧、大電流（10～50V、500～20,000A程度）用の大容量DC/DCコンバータ装置、高電圧（数KV）出力用DC/DCコンバータ装置、更には、高周波で運転する高周波DC/DCコンバータ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図48は従来のDC/DCコンバータ装置を示す回路図であり、1～4は第1～第4のスイッチング素子であり、フル・ブリッジ接続して直流電源5に接続され、直流電力を交流電力に変換する。6～9は第1～第4のスイッチング素子1～4それぞれに並列接続された第1～第4のフライホイル・ダイオードであり、以上によりインバータ部分を構成する。

【0003】12は2次側センタータップ付きの変圧器であり、10は変圧器12内に含まれるリーケージ・インダクタンス、11は変圧器12内に含まれる巻線等の抵抗を示す。13、14は変圧器12の2次巻線の両端側に接続された第1、第2の整流用ダイオード、15、16は抵抗とコンデンサとを直列接続して構成されたスナバ回路であり、第1、第2の整流用ダイオードに並列に接続されている。17は平滑のための直流インダクタンスであり、以上で整流回路部を構成している。18は負荷抵抗である。

【0004】次に動作について説明する。図49に示すように第1と第4のスイッチング素子1、4そして第2と第3のスイッチング素子2、3はそれぞれ同時にオン／オフするものとする。まず、第1、第4のスイッチング素子1、4がオンになると図48の矢印で示すように電流が流れる。この期間に直流インダクタンス17に、 $1/2 \cdot I^2 L$ のエネルギーが蓄積される。ただし、 I は直流インダクタンス17に流れる電流、 L は直流インダクタンス17のインダクタンス値である。

【0005】第1、第4のスイッチング素子1、4がオフになると、直流インダクタンス17に蓄えられたエネルギーは、第2、第3のスイッチング素子がオンするまでのデッドタイムの間に、図50に示すように、第1、第2の整流用ダイオード13、14に二分して流れ、放電される。この時の変圧器12の2次側a-b間の電位は、a-c間とc-b間で逆方向に等電圧で加わるので、零となる。

【0006】第2、第3のスイッチング素子2、3がオンになると図51の矢印で示すように電流が流れ、第1の整流用ダイオード13には変圧器12の2次側a-b間の電圧が逆方向に加わる。図50に示す直流インダクタンス17の放電が完了して第1の整流用ダイオード13がオフする前に、第2、第3のスイッチング素子2、3がオンになり、第1の整流用ダイオード13は順方向導通状態から逆方向電圧が印加されたことになって、キャリア蓄積効果により、第1の整流用ダイオード13がいわば筒抜け状態となるため、第1の整流用ダイオード13内部のキャリアが消滅するまでの間、過渡的に大きな逆方向電流 I_{rr} が流れる。この電流は、変圧器12を介して第2の整流用ダイオード14の順方向電流にも重畳して流れる。第1の整流用ダイオード13の逆回復（キャリアの消滅）期間を過ぎると、図52に示すように第1の整流用ダイオード13はオフとなり、直流インダクタンス17には第2の整流用ダイオード14からの順方向電流により、段落0004で説明したのと同様に、エネルギーが蓄えられる。

【0007】そして、第2、第3のスイッチング素子2、3がオフになると、図53に示すように、直流インダクタンス17の放電が始まり、次に図54に示すように第1、第4のスイッチング素子1、4がオンになった瞬間、第2の整流用ダイオード14に対して逆方向電圧が印加され、段落0006で説明したのと同様に、第2の整流用ダイオード14には大きな逆方向電流 I_{rr} が流れる。第2の整流用ダイオード14のキャリアが消滅し、オフになると、再び図48に示すように電流が流れ、以降、上述の動作を繰り返す。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】従来のDC/DCコンバータ装置は、以上のように構成され、動作するので、整流用ダイオードを流れる電流はスイッチングの際、非

常に大きな逆方向電流傾斜 di/dt を持ち、変圧器のリーケージ・インダクタンスによって非常に大きなサージ電圧が発生する。また、逆方向電流 I_{rr} も大きくなるのでこの大きな電圧と電流によって大きなスイッチング損失が発生し、高周波化に不利となる。この電圧を低く抑制するには、スナバ回路内のコンデンサの容量を大きくすればよいが、増した容量に比例してこのスナバ回路内の抵抗による損失電力が増すという問題が生じる。逆に、スナバ回路内のコンデンサの容量が不十分であれば、高逆耐圧の電力用ダイオードや超高速逆回復特性を持った電力用ダイオードを採用する必要があり、大幅なコスト高を招くことになる。また、特に超高速逆回復特性を持つダイオードは一般的に順方向電圧 V_F が高いために、ダイオード内における順方向損失も増し、したがって冷却面でも不利である。

【0009】インバータ部においてスイッチング素子がオンになると同時に、整流用ダイオードの定常電流分と逆方向電流分の二つが流れる（例えば、図51における整流用ダイオード14の動作状態参照）ので、非常に大きなスイッチング損失（オン損失）が発生する。また上記により電磁波障害が発生するという問題もあった。なお、変圧器のリーケージ・インダクタンスを大きくすれば、流れる電流の電流傾斜 di/dt が抑制され、上記の問題に対しては有効であるが、反面、システムの高周波運転と小型化をすることが難しくなる。

【0010】この発明は、以上のような問題を解決するためになされたものであり、整流用ダイオード等の整流器、およびスナバ回路内で発生する電力損失を抑制し、また、サージ電圧を抑制して一般的な大電力用ダイオードなどの使用を可能にし、また、整流用ダイオード等の素子におけるスイッチング損失を低減して、システムの高周波運転と小型化が出来るDC/DCコンバータ装置を得ることを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】この発明に係るDC/DCコンバータ装置は、第1～第4のスイッチング素子と、第1、第3のスイッチング素子の一端に陽極が接続された第1、第3のフライホイール・ダイオードと、第2、第4のスイッチング素子の一端に陰極が接続された第2、第4のフライホイール・ダイオードと、第1、第2のスイッチング素子の一端間に接続された第1の変圧器と、第3、第4のスイッチング素子の一端間に接続された第2の変圧器と、第1、第2の変圧器に接続された第1、第2の整流器とを備え、第1、第3のスイッチング素子の他端と第2、第4のフライホイール・ダイオードの陽極とを直流電源の陽極に接続するとともに、第2、第4のスイッチング素子の他端と第1、第3のフライホイール・ダイオードの陰極とを直流電極の陰極に接続するのである。

【0012】また、第1～第8のスイッチング素子と、

これらと並列接続された第1～第8のフライホイル・ダイオードとを備え、第1、第3、第5、第7のフライホイル・ダイオードの陰極と第2、第4、第6、第8のフライホイル・ダイオードの陽極とを接続するとともに、第1、第3のフライホイル・ダイオードの陰極間に接続された第1の変圧器と、第5、第7のフライホイル・ダイオードの陰極間に接続された第2の変圧器と、第1、第2の変圧器に接続された第1、第2の整流器を備え、第1、第3、第5、第7のフライホイル・ダイオードの陽極を直流電源の陽極に接続するとともに、第2、第4、第6、第8のフライホイル・ダイオードの陰極を直流電源の陰極に接続するものである。

【0013】さらに、第1、第2の変圧器の1次巻線に直列にリアクトルを接続したものである。さらに、第1、第2の整流器は逆並列接続された整流能力を持つスイッチング素子としたものである。

【0014】さらに、出力端子を平行平板で構成するとともに、第1、第2の変圧器の鉄心脚を平行に配置して両鉄心脚の対向面から出力端子を引き出し、かつ、第1、第2の整流器を第1、第2の変圧器と一体的に配置したものである。また、出力端子を平行平板で構成するとともに、第1、第2の変圧器の鉄心脚を平行に配置して両鉄心脚の対向面から出力端子を引き出し、かつ、第1、第2の整流器を第1、第2の変圧器の2次巻線の途中に接続したものである。さらに、第1、第2の整流器を複数の整流素子で構成するとともに、第1、第2の変圧器の2次巻線を、電流の方向に沿った切り込みを有する導体板で構成し、切り込みにより分割されたそれぞれの部分に整流素子を接続したものである。

【0015】

【発明の実施の形態】

実施の形態1. 図1はこの発明の実施の形態1であるDC/DCコンバータ装置を示す回路図であり、図において、5は直流電源、1～4は第1～第4のスイッチング素子（図ではIGBTを示すが、これらはパワーFET、GTO等であってもよい）、7、6、9、8は第1～第4のスイッチング素子1～4にそれぞれ直列に接続された第1～第4のフライホイル・ダイオードであり、第1、第3のスイッチング素子1、3の一端に第1、第3のフライホイル・ダイオード7、9の陽極が接続点B、Dで接続され、第2、第4のスイッチング素子2、4の一端に第2、第4のフライホイル・ダイオード6、8の陰極が接続点C、Eで接続されている。そして、第1、第3のスイッチング素子1、3の他端と第2、第4のフライホイル・ダイオード6、8の陽極とが接続点Aで一括して直流電源5の陽極に接続されるとともに、第2、第4のスイッチング素子2、4の他端と第1、第3のフライホイル・ダイオード7、9の陰極とが接続点Fで一括して直流電源5の陰極に接続されている。第1～第4のスイッチング素子1～4、および第1～第4のフ

ライホイル・ダイオード7、6、9、8でインバータ部を構成する。

【0016】20、21は互いに電磁的に独立した第1、第2の変圧器であり、第1の変圧器20の1次巻線8-2が接続点B、C間に接続され、第2の変圧器21の1次巻線8-3が接続点D、E間に接続されている。22、23は第1、第2の変圧器20、21のリーケージ・インダクタンスを、また24、25は第1、第2の変圧器20、21に含まれる巻線等の抵抗を示す。

【0017】13、14は第1、第2の整流器としての第1、第2の整流用ダイオードであり、それぞれ第1、第2の変圧器20、21の2次巻線7-2、7-3に直列に接続されている。15、16は抵抗とコンデンサを直列に接続してなるスナバ回路であり、それぞれ第1、第2の整流用ダイオード13、14に並列に接続されている。18は負荷抵抗であり、第1、第2の整流用ダイオード13、14の出力端が並列となって負荷抵抗18に接続されている。17は平滑用に負荷抵抗18に直列に設けられた直流インダクタンスまたは回路中に寄生する直流インダクタンスである。第1、第2の整流用ダイオード13、14、スナバ回路15、16、直流インダクタンス17で整流回路部を構成する。

【0018】次に動作について説明する。第1～第4のスイッチング素子1～4は図2に示すタイミングでオン／オフするものとする。まず、時刻 t が $t_0 \leq t < t_1$ では、第1のスイッチング素子1だけがオンとなっているので回路中には電流が流れない。時刻 $t_1 \leq t < t_2$ で、第1のスイッチング素子1に加えて第2のスイッチング素子2がオンとなるので第1の変圧器20が励磁されて、図3の矢印で示すように各部に電流が流れる（以後、電流を矢印により示す）。この期間に直流インダクタンス17には、 $1/2 \cdot I^2 L$ のエネルギーが蓄えられる。ただし、 I は直流インダクタンス17に流れる電流、 L は直流インダクタンス17のインダクタンス値である。

【0019】時刻 $t_2 \leq t < t_3$ では、第2のスイッチング素子2がオフとなり（第1のスイッチング素子1は引き続きオンのままである）、直流インダクタンス17に蓄えられたエネルギーの放電が始まり、第1の変圧器20の2次側に図4のように電流が流れる。これにより、その1次側には第2のフライホイル・ダイオード6から第1のスイッチング素子1を経由した電流が流れる（このようにフライホイル・ダイオードを経由して環流する電流を、以後「フライホイル電流」と称する）。第3、第4のスイッチング素子3、4がともにオフであるので第2の変圧器21には電流が流れない。

【0020】時刻 $t_3 \leq t < t_4$ で、第3のスイッチング素子3がオンになる。この期間、第1、第3のスイッチング素子1、3がオンになっているので、それにより、直流インダクタンス17に蓄えられたエネルギーの

放電は図5に示すように二分される。すなわち、第1、第2の変圧器20、21の2次側で電流が二分して流れるとともに、1次側でも第2のフライホイル・ダイオード6と第1のスイッチング素子1とを経由する回路、および第4のフライホイル・ダイオード8と第3のスイッチング素子3とを経由する回路に、フライホイル電流が二分して流れる。

【0021】時刻 $t_4 \leq t < t_5$ で、第1のスイッチング素子1がオフになると、直流インダクタンス17に蓄えられていたエネルギーの放電と、1次側のフライホイル電流は、図6の実線矢印で示すように、全て第2の変圧器21側に流れる。そしてこの時、第1の変圧器20の励磁インダクタンスの持つエネルギーが、同図破線矢印で示すように、第2の変圧器21の2次巻線と第2の整流用ダイオード14を経由して、第1の整流用ダイオード13に逆方向に放電され、第1の整流用ダイオード13はキャリア消滅まで電流が流れてオフとなる。第1の整流用ダイオード13がオフになることによって、第1の変圧器の励磁エネルギーの放電ルートがなくなり、この励磁エネルギーは、図7の破線矢印で示すように、1次側から第1、第2のフライホイル・ダイオード7、6を経由して直流電源5に回生され、第1の変圧器20は元の状態に戻る（リセットされる）。

【0022】時刻 $t_5 \leq t < t_6$ で、第4のスイッチング素子4がオンになり、図8に示すように第2の変圧器21が励磁されて、第2の整流用ダイオード14に電流が流れ、直流インダクタンス17にエネルギーが蓄えられる。時刻 $t_6 \leq t < t_7$ で、第4のスイッチング素子4がオフになり、直流インダクタンス17に蓄えられていたエネルギーの放電と、第2の変圧器21の1次側でのフライホイル電流が図9のように流れる。時刻 $t_7 \leq t < t_8$ で第1のスイッチング素子1がオンになり、直流インダクタンス17のエネルギーの放電と、1次側のフライホイル電流は、図10に示すように二分して流れる。

【0023】時刻 $t_8 \leq t < t_9$ で、第3のスイッチング素子3がオフになり、直流インダクタンス17のエネルギーの放電と、1次側のフライホイル電流は、図11の実線矢印で示すように全て第1の変圧器20側に流れる。この時、第2の変圧器21の励磁インダクタンスに蓄えられた励磁エネルギーは、段落0021で述べたのと同様に、図11の破線矢印で示すように第1の変圧器20の2次巻線と第1の整流用ダイオード13を経由して、第2の整流用ダイオード14に逆方向に放電され、第2の整流用ダイオード14はオフとなる。第2の整流用ダイオード14がオフになると、第2の変圧器21の励磁エネルギーの放電ルートがなくなり、この励磁エネルギーは、図12の破線矢印で示すように、第3、第4のフライホイル・ダイオード9、8を経由して直流電源5に回生され、第2の変圧器21は元の状態に戻る。

【0024】以上がこの回路の動作の1周期分に当たり、以後は $t_1 \sim t_9$ の動作を繰り返す。図13は第1、第2の整流用ダイオード13、14に流れる電流を示したものであり、負荷抵抗18には二つの電流を合成したものが流れる。このように1次側のインバータ部を制御することによって転流を任意に制御することができる。

【0025】図6において、第1の整流用ダイオード13の逆回復特性について見てみる。段落0021で述べたように、この期間では第1の変圧器20の励磁インダクタンスの持つ励磁エネルギーが、第2の変圧器21の2次巻線と第2の整流用ダイオード14を経由して、第1の整流用ダイオード13に逆方向に放電される。この時、第1の整流用ダイオード13には多量のキャリアがあるため、これが消滅するまでの期間、大きな逆方向電流が流れる。この逆方向電流の時間積分値を「逆回復電荷 Q_{rr} 」というが、これは使用する大電力用ダイオードによって、大方、決まっており、カタログ・データ等からもその数値を得ることができる。

【0026】逆回復に必要な時間、「逆回復時間 t_{rr} 」は逆回復電荷 Q_{rr} と逆回復電流 I_{rr} から求めることができる。この実施の形態の回路における逆回復電流 I_{rr} は、第1の変圧器20の励磁電流の2次換算値に相当し、また、逆回復電荷 Q_{rr} が決まっているから、逆回復時間 t_{rr} が求められる。回路の動作の半周期分からこの逆回復時間 t_{rr} を引いた残りの時間をスイッチングの「最大オン期間」とすることができる（実際は、整流用ダイオードの温度変化等の影響を考えて、逆回復時間 t_{rr} およびスイッチング期間には十分な余裕を見込んだ設定が必要であるが）ので、最大オン期間設定後、残り時間を逆回復時間 t_{rr} に当てればよい。

【0027】逆回復電流 I_{rr} は、第1の変圧器20の設計・製作過程においてその励磁特性を調整することにより、適切な値に調整することができ、また、回路中の寄生インダクタンスを含む変圧器のリーケージ・インダクタンス L_1 を小さくすることにより、第1の整流用ダイオードに生じるスイッチング損失 $1/2 \cdot I_{rr}^2 \cdot L_1$ を小さくすることができ、第1の整流用ダイオード13に並列に接続されたスナバ回路15内の抵抗に生じる電力損失の低減にもつながる。スナバ回路15をなくすこともできる。また図11において、第2の変圧器21、第2の整流用ダイオード14、およびそれに並列に接続されたスナバ回路16についても、上述と同様のことが言える。

【0028】実施の形態2。この発明の実施の形態2は、前述の実施の形態1と同じ回路に対して異なる制御を行うものである。図14に各スイッチング素子のオン／オフのタイミングを示す。時刻 $t_0 \leq t < t_7$ までは実施の形態1と同様であるので説明を省略する（図1、3～9参照）。時刻 $t_7 \leq t < t_8$ で、第2のスイッチ

ング素子2がオンになり、直流インダクタンス17のエネルギーの放電と、1次側のフライホイール電流は、図15に示すように二分して流れる。1次側において、実施の形態1では図10のように第2、第4のフライホイール・ダイオード6、8側に分流するのに対し、この実施の形態では第1、第4のフライホイール・ダイオード7、8側に分流する。

【0029】時刻 $t_8 \leq t < t_9$ で、第3のスイッチング素子3がオフになり、直流インダクタンス17のエネルギーの放電と1次側のフライホイール電流は、図16の実線矢印で示すように全て第1の変圧器20側に流れる。この時、第2の変圧器21の励磁インダクタンスに蓄えられた励磁エネルギーは、破線矢印で示すように第1の変圧器20の2次巻線と第1の整流用ダイオード13を経由して、第2の整流用ダイオード14に逆方向に放電され、第2の整流用ダイオード14はオフとなる。第2の整流用ダイオード14がオフになると、第2の変圧器21の励磁エネルギーの放電ルートがなくなり、この励磁エネルギーは、第3、第4のフライホイール・ダイオード9、8を経由して直流電源5に回生され、第2の変圧器21は元の状態に戻る。

【0030】時刻 $t_9 \leq t < t_{10}$ では、第1のスイッチング素子1がオンになり、時刻 $t_1 \leq t < t_2$ と同じ動作をするので説明を省略する(図3参照)。時刻 $t_{10} \leq t < t_{11}$ で、第1のスイッチング素子1がオフになり、直流インダクタンス17に蓄えられたエネルギーが、図17のように第1の整流用ダイオード13を経由して流れ、1次側では第1のフライホイール・ダイオード7を経由して流れる。時刻 $t_{11} \leq t < t_{12}$ で、第4のスイッチング素子4がオンになり、直流インダクタンス17のエネルギーは、図18のように第1、第2の変圧器20、21に分流し、1次側では第1、第3のフライホイール・ダイオード7、9に分流する。

【0031】時刻 $t_{12} \leq t < t_{13}$ で、第2のスイッチング素子2がオフになり、直流インダクタンス17のエネルギーの放電と1次側のフライホイール電流は、図19の実線矢印で示すように全て第2の変圧器21側に流れる。この時、第1の変圧器20の励磁エネルギーは破線矢印で示すように放電され、第1の整流用ダイオード13に逆方向に流れて、第1の整流用ダイオード13はオフになる。第1の整流用ダイオード13がオフになると、第1の変圧器20の励磁エネルギーの放電ルートがなくなり、この励磁エネルギーは、第1、第2のフライホイール・ダイオード7、6を経由して直流電源5に回生され、第1の変圧器20は元の状態に戻る。

【0032】時刻 $t_{13} \leq t < t_{14}$ では、第3のスイッチング素子3がオンになり、時刻 $t_5 \leq t < t_6$ と同じ動作をするので説明を省略する(図8参照)。時刻 $t_{14} \leq t < t_{15}$ で、第3のスイッチング素子3がオフになり、直流インダクタンス17のエネルギーは、図2

0に示すように第2の整流用ダイオード14を経由して流れ、1次側では第3のフライホイール・ダイオード9を経由して流れる。時刻 $t_{15} \leq t < t_{16}$ で、第1のスイッチング素子1がオンになり、直流インダクタンス17のエネルギーは図21に示すように第1、第2の変圧器20、21に分流する。

【0033】時刻 $t_{16} \leq t < t_{17}$ で、第4のスイッチング素子4がオフになり、直流インダクタンス17のエネルギーの放電と1次側のフライホイール電流は、図22の実線矢印で示すように全て第1の変圧器20側に流れる。第2の変圧器21の励磁エネルギーは破線矢印で示すように放電され、第2の整流用ダイオード14に逆方向に流れて、第2の整流用ダイオード14はオフになる。第2の整流用ダイオード14がオフになると、第2の変圧器21の励磁エネルギーの放電ルートがなくなり、第3、第4のフライホイール・ダイオード9、8を経由して直流電源5に回生され、第2の変圧器21は元の状態に戻る。

【0034】以上が1周期分の動作に当たり、以後は $t_1 \sim t_{17}$ の動作を繰り返す。この実施の形態では1周期中のフライホイール電流は、特定のフライホイール・ダイオードに偏ることなく、図4～6、9、15～22に示すように第1～第4のフライホイール・ダイオード7、6、9、8に時間的にばらまかれ、熱的に責務が均等化、軽減される。

【0035】実施の形態3、図23にこの発明の実施の形態3における回路図を示す。図1の回路図と比べると第1の変圧器20の2次巻線72と第1の整流用ダイオード14の接続順序が異なっているのみであり、したがって図1の回路と同様の電氣的動作をする。図24は、図23に示した回路のうちの第1、第2の変圧器20、21と第1、第2の整流用ダイオード13、14との構造を示す断面図であり、図において、70、71は第1、第2の変圧器20、21の鉄心脚であり、断面が正方形ないし長方形に形成され、互いに平行に対向して配置されている。なお、鉄心脚70、71は各1脚ずつ図示されているが、図示外にも鉄心脚があって磁束が循環するようになっている。第1、第2の変圧器20、21の2次巻線72、73は、平板状の導体を用い、鉄心脚70、71の外周側に巻き付くように形成されている。なお、この図では第1、第2の変圧器20、21の1次巻線の図示が省略されている。

【0036】74は第1、第2の整流用ダイオード13、14を冷却するための冷却板であり、第1、第2の整流用ダイオード13、14は冷却板を介して第1、第2の変圧器20、21と一体になるように配置されている。75、76は平行平板で構成されたP側、N側の出力端子であり、間に絶縁物77を挟んで、フラット面を対向させて一体化されている。鉄心脚70、71が対向した面にある2次巻線72、73それぞれの一端から、

P側とN側の出力端子75、76が引き出された形に接続されている。第1の整流用ダイオード13の両端はそれぞれ第1の変圧器20の2次巻線72の他端とN側出力端子76とに接続されるとともに、第2の整流用ダイオード14の両端はそれぞれ第2の変圧器21の2次巻線73の他端とP側出力端子75とに接続されている。

【0037】上述の構造を採用することにより、第1、第2の変圧器20、21の2次巻線72、73の対向部からP側、N側の出力端子75、76にかけて、導体が互いに対向配置され、そのためコンデンサと同じ効果が生じて、出力伝送路のインピーダンスが低くなり、出力電力に含まれる高調波成分を減少させる。また、第1、第2の変圧器20、21と第1、第2の整流用ダイオード13、14との距離が近くなって装置が小型化し、回路の寄生インダクタンスも小さくなり、それによって第1、第2の整流用ダイオード13、14の逆回復特性における逆回復損失（スイッチング損失）が低減される。さらに転流に要する時間が短縮し、より高周波のスイッチングを行うことができる。なお、図1の回路の場合も、その回路に合わせて各部を接続することにより、図24と同様のコンパクトな構成にすることができる。

【0038】実施の形態4。図25はこの発明の実施の形態4を示す回路図であり、図において、5、17、18、20～25は実施の形態1の場合と同様であるので説明を省略する。30～37は第1～第8のスイッチング素子、38～45は第1～第8のスイッチング素子と並列接続された第1～第8のフライホイール・ダイオードであり、これらでフル・ブリッジ・インバーターを2回路構成している。すなわち、第1、第3、第5、第7のフライホイール・ダイオード38、40、42、44の陰極側と、第2、第4、第6、第8のフライホイール・ダイオード39、41、43、45の陽極側とをそれぞれ接続するとともに、第1、第3、第5、第7のフライホイール・ダイオード38、40、42、44の陽極側を一括して直流電源5の陽極に接続し、第2、第4、第6、第8のフライホイール・ダイオード39、41、43、45の陰極側を一括して直流電源5の陰極に接続し、そして、第1と第3のフライホイール・ダイオード38、40の両陰極側間に第1の変圧器20の1次巻線82を接続し、第5と第7のフライホイール・ダイオード42、44の両陰極側間に第2の変圧器21の1次巻線83を接続している。

【0039】46～48は整流能力を持つスイッチング素子としての第1～第4のサイリスタであり、第1、第3のサイリスタ46、48が逆並列接続されて第1の整流器を構成し、第1の変圧器20の2次巻線72に接続されるとともに、第2、第4のサイリスタ47、49が逆並列接続されて第2の整流器を構成し、第2の変圧器21の2次巻線73に接続されている。そしてこれらの出力側は並列になって負荷抵抗18に接続されている。

【0040】動作について説明する。まず、第1、第4のスイッチング素子30、33がオンになり、これに同期して第1のサイリスタ46をオンにすると、図25に示すように電流が流れ、直流インダクタンス17にエネルギーが蓄えられる。第4のスイッチング素子33をオフにすると、図26に示すように直流インダクタンス17からの放電が始まる。次に第5のスイッチング素子34がオンになり、同期して第2のサイリスタ47をオンにすると、図27のように1次側、2次側に流れていた電流はともに二分される。

【0041】第1のスイッチング素子30がオフになると、1次側、2次側に流れていた電流は、図28の実線矢印で示すように全て第2の変圧器21側に流れる。この時、第1の変圧器20の励磁エネルギーが破線矢印で示すように放電されて、第1のサイリスタ46はターン・オフする。第1のサイリスタ46がオフすると、第1の変圧器20の励磁エネルギーは、図29の破線矢印のように直流電源5に回生され、第1の変圧器20は元の状態に戻る。

【0042】以上が動作の半周期分であり、もう一方に対して動作（第5、第8のスイッチング素子42、45を通じて直流電源5から第2の変圧器21に電圧を印加する動作とこれに続く動作）を行い、これを繰り返すことで、負荷抵抗18に対して正方向出力の電力伝送が出来る。

【0043】次に負方向の電力伝送を行う動作について説明する。まず、第2、第3のスイッチング素子31、32がオンになり、同期して第3のサイリスタ48をオンにすると、図30のように電流が流れ、直流インダクタンス17にエネルギーが蓄えられる。第2のスイッチング素子31をオフにすると、図31のように直流インダクタンス17からの放電が始まる。次に第7のスイッチング素子36がオンになり、同期して第4のサイリスタ49をオンにすると、図32のように電流が二分される。

【0044】第3のスイッチング素子32がオフになると、1次、2次側に流れていた電流は、図33の実線矢印のように第2の変圧器21側に流れる。第1の変圧器20の励磁エネルギーが破線矢印のように放電されて第3のサイリスタ48はターン・オフする。すると、第1の変圧器20の励磁エネルギーは図34の破線矢印のように直流電源5に回生され、第1の変圧器20は元の状態に戻る。以上が動作の半周期分であり、もう一方に対して動作を行い、これを繰り返すことで、負荷抵抗18に対して負方向出力の電力伝送が出来る。

【0045】さらに、正または負のいずれか一方の電力伝送だけではなく、段落0038～0042で説明した動作と段落0043、0044で説明した動作とを所望の時間で交互に繰り返すことにより、例えば図35に示すような正負両方向出力の電力伝送を行うことができ

る。このような出力は、特に光沢メッキや、電解脱脂・剥離等に利用されるPRメッキに対して非常に有効である。なお、この実施の形態においても、段落0025～0027に説明したのと同様の効果を有する。

【0046】実施の形態5。図3-6はこの発明の実施の形態5を示す回路図であり、図において、5、13～18、20～25は実施の形態1の場合と同様であるので説明を省略する。50～53は第1～第4のスイッチング素子、54、55、58、59、56、60は第1～第6のフライホイール・ダイオードであり、第1、第3のスイッチング素子50、52の一端に第1、第3のフライホイール・ダイオード54、58の陽極が接続点B、Dで接続され、第2、第4のスイッチング素子51、53の一端に第2、第4のフライホイール・ダイオード55、59の陰極が接続点C、Eで接続されている。そして第1、第3のスイッチング素子50、52の他端と第2、第4のフライホイール55、59の陰極とが接続点Aで一括して直流電源5の陽極に接続されるとともに、第2、第4のスイッチング素子51、53の他端と第1、第3のフライホイール・ダイオード54、58の陰極とが接続点Fで一括して直流電源5の陰極に接続されている。

【0047】62、63は第1、第2のリアクトルであり、第1の変圧器20の1次巻線82と第1のリアクトル62とが直列に接続点B、C間に接続されるとともに、第2の変圧器21の1次巻線83と第2のリアクトル63とが直列に接続点D、E間に接続されている。第5、第6のフライホイール・ダイオード56、60には大電力用ダイオードが用いられ、第5のフライホイール・ダイオード56が第1の変圧器20の1次巻線82と第1のリアクトル62との接続点および接続点Aの間に接続され、第6のフライホイール・ダイオード60は第2の変圧器21の1次巻線83と第2のリアクトル63との接続点および接続点Aの間に接続されている。

【0048】64、66は第5のフライホイール・ダイオード56に対するスナバ回路用のコンデンサと抵抗であり、互いの接続点と第5のフライホイール・ダイオード56の陰極との間にダイオード57が接続されている。65、67は第6のフライホイール・ダイオード60に対するスナバ回路用のコンデンサと抵抗であり、互いの接続点と第6のフライホイール・ダイオード60の陰極との間にダイオード61が接続されている。

【0049】動作について説明する。まず、第1、第2のスイッチング素子がオンになり、図36のように電流が流れる。次に、この二つのスイッチング素子がオフになると、図37のように電流が流れ、2次側の直流リアクタンス17のエネルギーが第1、第2のフライホイール・ダイオード54、55を通じて直流電源5に回生される。この時、1次側で第1のリアクトル62を通過するので、流れる電流の電流傾斜 di/dt が抑制され、このため、2次側の電流傾斜 di/dt も抑制される。

【0050】第3のスイッチング素子52がオンになると、図38の実線矢印のように、2次側で第2の変圧器21側に転流し、1次側で第6のフライホイール・ダイオード60を經由して電流が流れる。それとともに第1の変圧器20の励磁エネルギーが破線矢印の経路で放電され、1次側で第1のリアクトル62を通過するので、上述と同様に電流傾斜 di/dt が抑制され、第1の整流用ダイオード13に逆方向に印加される励磁エネルギーの2次換算分の電流の di/dt も抑制される。このため、第1の整流用ダイオード13の逆方向回復電荷 Q_{rr} が小さくなり、つまりは、逆方向電流 I_{rr} および逆方向回復時間 t_{rr} が小さくなる。その結果、逆方向損失（スイッチング損失）が小さくなり、並列に接続されたスナバ回路15内に生じる電力損失も小さくなる。

【0051】次に第4のスイッチング素子53がオンになると、図39の実線矢印のように電力が伝送される。第6のフライホイール・ダイオード60には図38で実線矢印のように電流が流れてキャリアを蓄積しているので、このキャリアが消滅するまでの間、図39の破線矢印のように電流が流れるが、第2のリアクトル63を通過するので、この逆方向電流の di/dt が抑制され、したがって上述の第1の整流用ダイオード13についての説明と同様に逆方向回復電荷 Q_{rr} が小さく、即ち、逆方向損失（スイッチング損失）は小さい。第6のフライホイール・ダイオード60の蓄積キャリアが消滅してこれがオフになると、図40の破線矢印のように、スナバ用コンデンサ65に蓄えられたエネルギーがダイオード61を經由して放電される。スナバ用コンデンサ65の放電が完了すると、図41のように電力が伝送される。

【0052】次に、第3、第4のスイッチング素子52、53が同時にオフになると、図42のように直流インダクタンス17のエネルギーが直流電源5に回生される。この時の電流も第2のリアクトル63を経由するので、 di/dt が抑制され、2次側の第2の整流用ダイオード14に流れる電流の di/dt も抑制される。

【0053】第1のスイッチング素子50がオンになると、図43の実線矢印のように、2次側で直流インダクタンス17の放電ルートが第1の変圧器20側に転流し、1次側で第5のフライホイール・ダイオード56を経由した電流が流れる。それとともに第2の変圧器21の励磁エネルギーが破線矢印の経路で放電され、1次側で第2のリアクトル63を通過するので電流傾斜 di/dt が抑制され、第2の整流用ダイオード14に逆方向に印加される励磁エネルギーの2次換算分の電流の di/dt も抑制され、逆方向回復電荷 Q_{rr} が小さくなり、したがって逆方向損失が小さくなり、併せて、スナバ回路16内に生じる電力損失も小さくなる。

【0054】続いて、第2のスイッチング素子51がオンになると、図44の実線矢印のように電流が流れ、先の第6のフライホイール・ダイオード60について説明と

同様に、第5のフライホイール・ダイオード56にはキャリア蓄積効果により、破線矢印のように電流が流れるが、第1のリアクトル62を経由するのでこの電流の di/dt が抑制され、第5のフライホイール・ダイオード56の逆方向電力損失は小さくなる。第5のフライホイール・ダイオード56がオフになると、スナバ用コンデンサ64に蓄えられていたエネルギーが、図45の破線矢印のようにダイオード57を経由して放電される。この放電が完了すると、図36に戻って電力を伝送する。以上の動作を繰り返すことにより、直流電力を伝送する。なお、実施の形態4の回路に対して、本実施の形態のように1次巻線82、83に直列に第1、第2のリアクトル62、63を設けても良く、同様の効果がある。

【0055】実施の形態6. この実施の形態6は、実施の形態5の回路構成において、2次側を実施の形態4に示したものに代えた、すなわち整流ダイオードを逆並列されたサイリスタに代えた回路構成にしたものである。基本的動作は実施の形態4と同様である。サイリスタは点弧（オン）する時、まず、ゲート近くから電流の導通が始まり、次第に導通面積を広げていくが、ターン・オン直後に流れるオン電流の立ち上がりが急峻であると、ゲート電極に近接した陰極面の局部にオン電流が集中して、電流密度・電力密度が過大となり、その部分の温度が上昇し過ぎる恐れがある。

【0056】また、サイリスタは順阻止（オフ）状態で、陽極－陰極間に急峻な電圧が印加されると静的ブレイクオーバー電圧以下でオンになる性質がある。また、サイリスタ素子の温度が上昇すると、このブレイクオーバー電圧が低くなる。臨界オフ電圧上昇率 dv/dt によるターン・オンは、回路の誤動作（例えば、誤点弧に伴う転流の失敗）、あるいは、ターン・オン直後の順方向オン電流上昇率 di/dt によってサイリスタを破壊する恐れがある。以上のような理由からサイリスタを使用した整流回路における高周波運転は難しいとされている。

【0057】この実施の形態のように、実施の形態4と5を組み合わせた回路ではサイリスタの順方向電流は第1または第2のリアクトル62、63によってその di/dt を抑制することができ、また、オン電圧の上昇率 dv/dt は、第5、第6のフライホイール・ダイオード56、60に付加されたスナバ回路のコンデンサ64または65の放電によって抑制することが出来る。以上のように、正負両方向の出力が出来て、かつ、運転周波数のより高い、小型の装置が実現出来る。

【0058】実施の形態7. この実施の形態は実施の形態3において、第1、第2の整流用ダイオード13、14の接続位置を変えて、これらを第1、第2の変圧器20、21の2次巻線72、73の途中に接続するようにしたものであり、図46はその断面図である。こうすることにより、電氣的特性を損なうことなく、出力端子7

5、76の位置に関わりなく第1、第2の整流用ダイオード13、14を任意の位置に設けることが出来る。例えば、メンテナンスを要する第1、第2の整流用ダイオード13、14を前面に配置し、出力端子75、76を背面に配置することが出来る。勿論、電氣的動作は実施の形態3の場合と同様である。

【0059】実施の形態8. 図47は実施の形態8を示す斜視図であり、実施の形態7において、第1、第2の整流用ダイオードとして各々複数の整流素子を並列にして用いる場合に関するものである。図は第1の変圧器20側のみを示す。第1の整流用ダイオード13を2つの整流素子68、69で構成するとともに、2次巻線72の電流の流れる方向に切り込み78を設け、切り込み78により分割されたそれぞれの部分に整流素子68、69を接続したものである。切り込み78は整流素子68、69を接続する個所の前後両側または片側に設ける。第2の変圧器21側も同様にする。こうすることにより、整流素子68、69間の特性のばらつき等による電流の偏りを軽減することが出来る。基本的な電氣的動作は実施の形態7と同様である。また、整流素子の並列数は幾つでもよく、その数により切り込みの数を選ぶ。なお、実施の形態3の場合にも、同様の切り込みを設けることができ、上記と同様の効果がある。

【0060】

【発明の効果】この発明は以上のように構成されているので、2次側の整流器の正方向電流から、突然、アクティブな（電源電圧の印加による）逆方向電流を印加することがないため、従来の装置で発生していた、スイッチング素子が切り替わったときに流れる非常に大きなスパイク状の電流を流さず、従ってスイッチング素子や整流器に生じる損失、およびノイズを低減することができ、電磁波障害対策にも有効であり、また装置の高周波運転が可能になる。さらに、そのスパイク状の電流と変圧器のリーケージ・インダクタンスとにより発生するサージ電圧を抑制するので耐圧の低い素子を使用することができ、スナバ回路を小さく、または無くすることもできる。また、それらのことから、装置全体を小型化できる。

【0061】さらに、変圧器の1次巻線にリアクトルを直列に入れることにより、各部に流れる電流の di/dt が抑制される。したがって、逆回復電流 I_{rr} 、逆回復電荷 Q_{rr} が小さくなるため、逆回復損失（スイッチング損失）が小さくなり、また発生するノイズ電圧（ $V_{noise} = L_1 \cdot (di/dt)$ ）も小さくなる。さらに、インバータ部のスイッチング損失が小さくなるため、高周波化、小型化ができる。また、順方向オン電流上昇率、臨界オフ電圧上昇率が低い素子、例えばサイリスタを用いた整流回路で生じる諸問題を解決でき、このような素子を用いて、より高周波で運転が可能になり、装置を小型化できる。また、サイリスタのような整流能力を持つスイッチング素子を逆並列にして2次側の

整流器を構成することにより、正負両方向の出力を得ることができる。

【0062】また、出力端子を平行平板で構成し、第1、第2の変圧器の鉄心脚の対向面から出力端子を引き出し、かつ、第1、第2の整流器を第1、第2の変圧器と一体的に配置することにより、装置が小型化されるとともに、出力伝送路のインピーダンスが低くなり、出力の高周波成分が減少し、逆回復損失が減少し、より高周波での運転が可能になる。さらに、第1、第2の整流器を第1、第2の変圧器巻線の途中に接続することにより、第1、第2の整流器を任意の位置に配置することができる。さらに、第1、第2の変圧器の2次巻線に切り込みを入れて、この切り込みで分割されたそれぞれの部分に整流素子を接続することにより、整流素子間のばらつきによる電流の偏りを軽減することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の形態1における回路図である。

【図2】 この発明の実施の形態1におけるスイッチング素子のオン／オフを示すタイミングチャートである。

【図3】 この発明の実施の形態1における回路図である。

【図4】 この発明の実施の形態1における回路図である。

【図5】 この発明の実施の形態1における回路図である。

【図6】 この発明の実施の形態1における回路図である。

【図7】 この発明の実施の形態1における回路図である。

【図8】 この発明の実施の形態1における回路図である。

【図9】 この発明の実施の形態1における回路図である。

【図10】 この発明の実施の形態1における回路図である。

【図11】 この発明の実施の形態1における回路図である。

【図12】 この発明の実施の形態1における回路図である。

【図13】 この発明の実施の形態1において整流用ダイオードに流れる電流を示すグラフである。

【図14】 この発明の実施の形態2におけるスイッチング素子のオン／オフを示すタイミングチャートである。

【図15】 この発明の実施の形態2における回路図である。

【図16】 この発明の実施の形態2における回路図である。

【図17】 この発明の実施の形態2における回路図である。

ある。

【図18】 この発明の実施の形態2における回路図である。

【図19】 この発明の実施の形態2における回路図である。

【図20】 この発明の実施の形態2における回路図である。

【図21】 この発明の実施の形態2における回路図である。

【図22】 この発明の実施の形態2における回路図である。

【図23】 この発明の実施の形態3における回路図である。

【図24】 この発明の実施の形態3における構造を示す断面図である。

【図25】 この発明の実施の形態4における回路図である。

【図26】 この発明の実施の形態4における回路図である。

【図27】 この発明の実施の形態4における回路図である。

【図28】 この発明の実施の形態4における回路図である。

【図29】 この発明の実施の形態4における回路図である。

【図30】 この発明の実施の形態4における回路図である。

【図31】 この発明の実施の形態4における回路図である。

【図32】 この発明の実施の形態4における回路図である。

【図33】 この発明の実施の形態4における回路図である。

【図34】 この発明の実施の形態4における回路図である。

【図35】 この発明の実施の形態4における出力を示すグラフである。

【図36】 この発明の実施の形態5における回路図である。

【図37】 この発明の実施の形態5における回路図である。

【図38】 この発明の実施の形態5における回路図である。

【図39】 この発明の実施の形態5における回路図である。

【図40】 この発明の実施の形態5における回路図である。

【図41】 この発明の実施の形態5における回路図である。

【図42】 この発明の実施の形態5における回路図である。

ある。

【図4 3】 この発明の実施の形態5における回路図である。

【図4 4】 この発明の実施の形態5における回路図である。

【図4 5】 この発明の実施の形態5における回路図である。

【図4 6】 この発明の実施の形態7における構造を示す断面図である。

【図4 7】 この発明の実施の形態8における構造を示す斜視図である。

【図4 8】 従来のDC/DCコンバータ装置を示す回路図である。

【図4 9】 従来のDC/DCコンバータ装置におけるスイッチング素子のオン/オフを示すタイミングチャートである。

【図5 0】 従来のDC/DCコンバータ装置を示す回路図である。

【図5 1】 従来のDC/DCコンバータ装置を示す回路図である。

【図5 2】 従来のDC/DCコンバータ装置を示す回路図である。

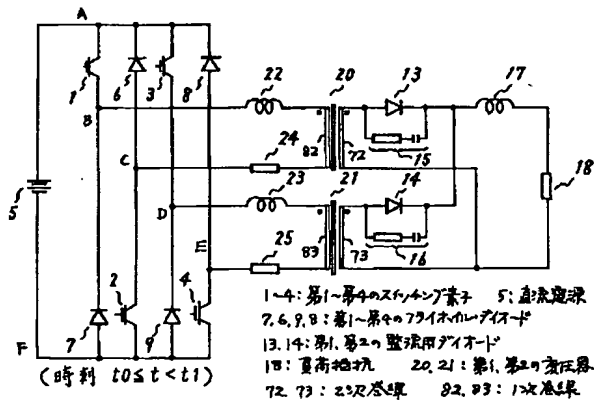
【図5 3】 従来のDC/DCコンバータ装置を示す回路図である。

【図5 4】 従来のDC/DCコンバータ装置を示す回路図である。

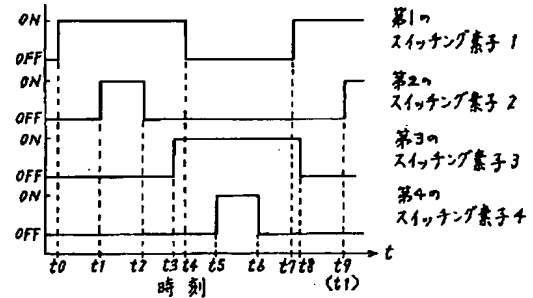
【符号の説明】

1～4 第1～第4のスイッチング素子、5 直流電源、7, 6, 9, 8 第1～第4のフライホイール・ダイオード、13, 14 第1, 第2の整流用ダイオード、18 負荷抵抗、20, 21 第1, 第2の変圧器、30～37 第1～第8のスイッチング素子、38～45 第1～第8のフライホイール・ダイオード、46～49 第1～第4のサイリスタ、50～53 第1～第4のスイッチング素子、54, 55, 58, 59 第1～第4のフライホイール・ダイオード、68, 69 整流素子、70, 71 鉄心脚、72, 73 2次巻線、75, 76 出力端子、77 絶縁物、82, 83 1次巻線。

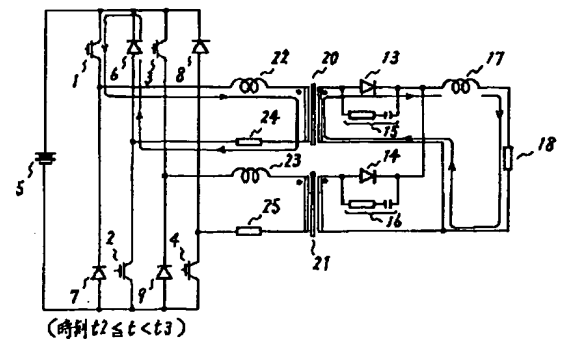
【図 1】



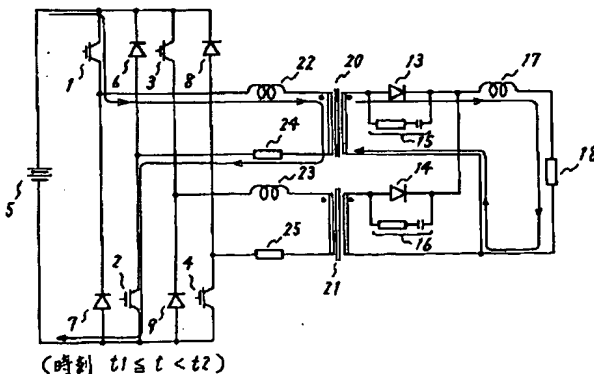
【図 2】



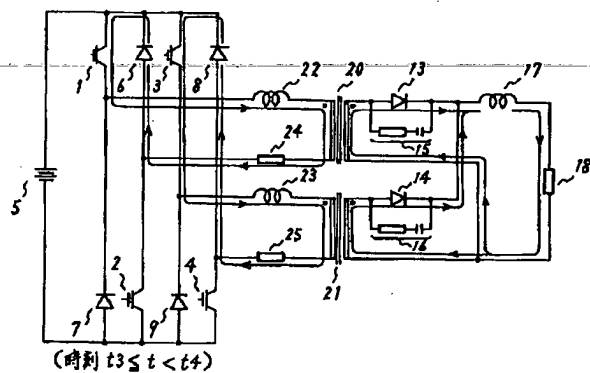
【図 4】



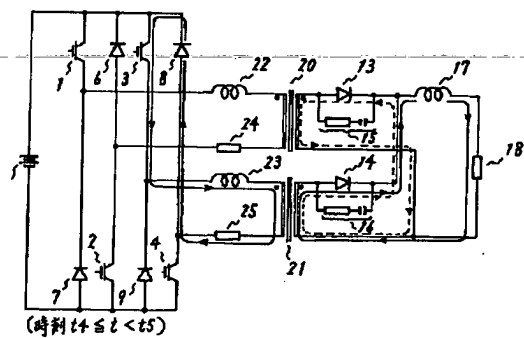
【図 3】



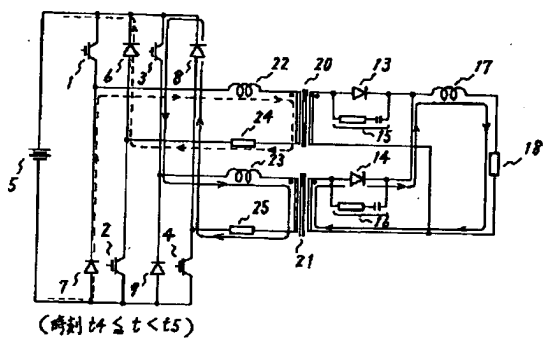
【図5】



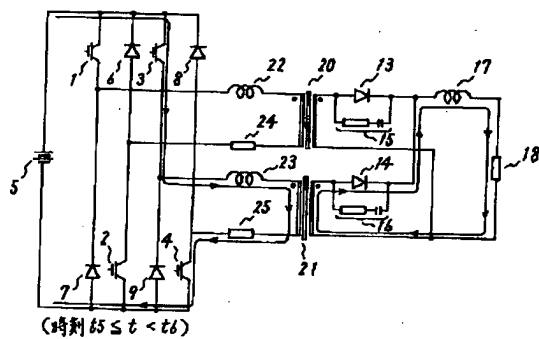
【図6】



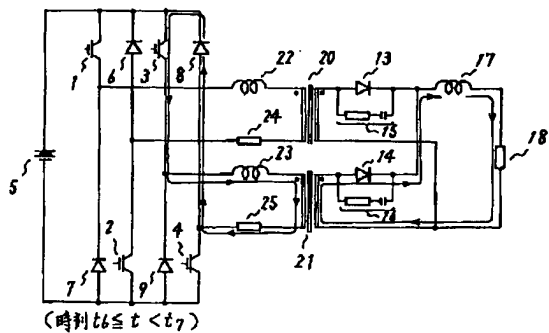
【図7】



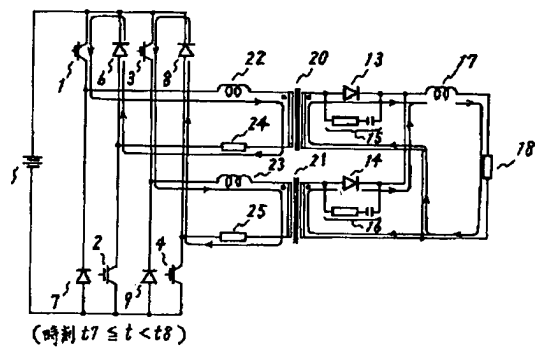
【図8】



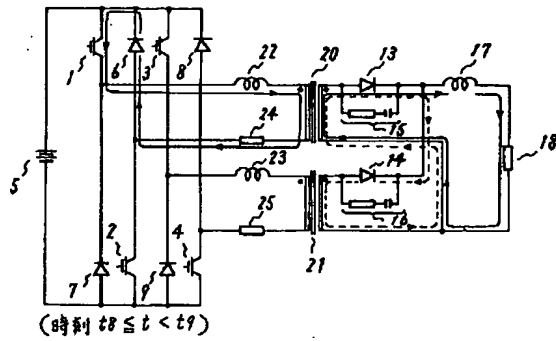
【図9】



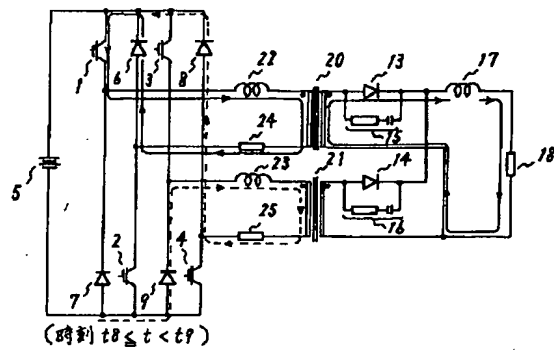
【図10】



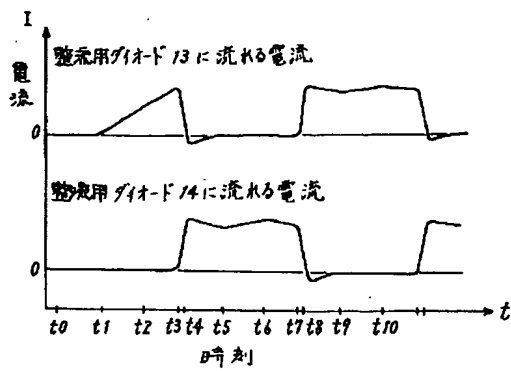
【図11】



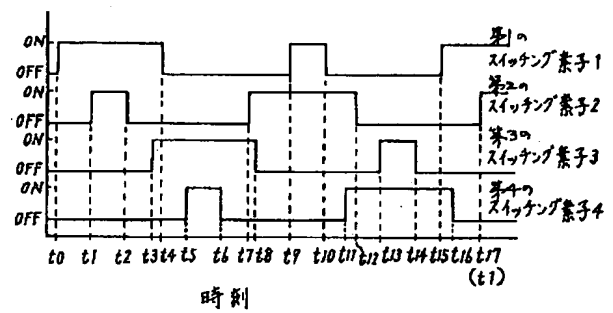
【図12】



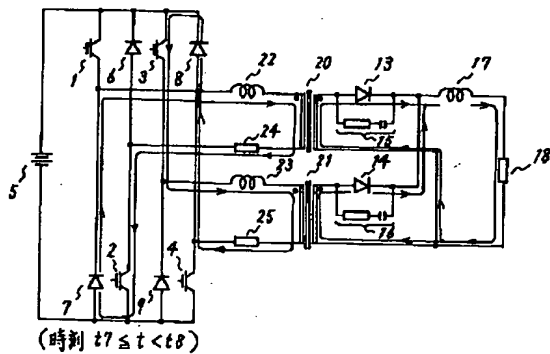
【図13】



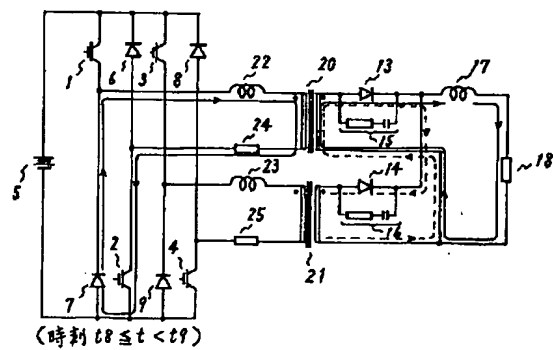
【図14】



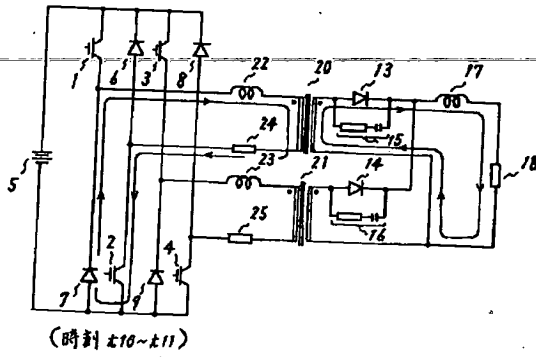
【図15】



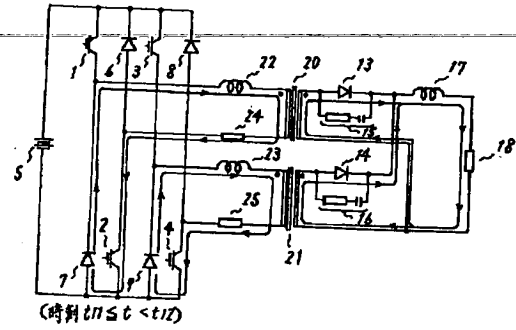
【図16】



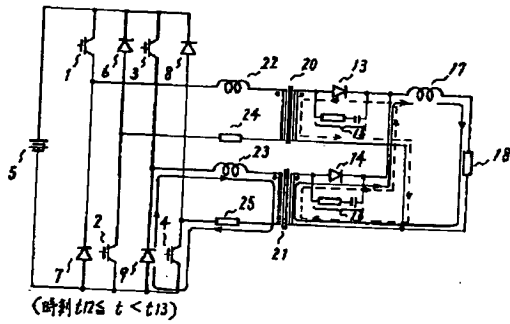
【図17】



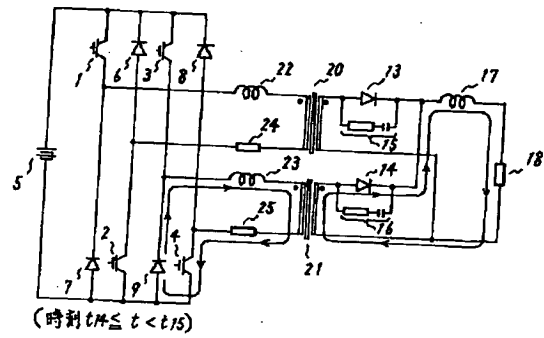
【図18】



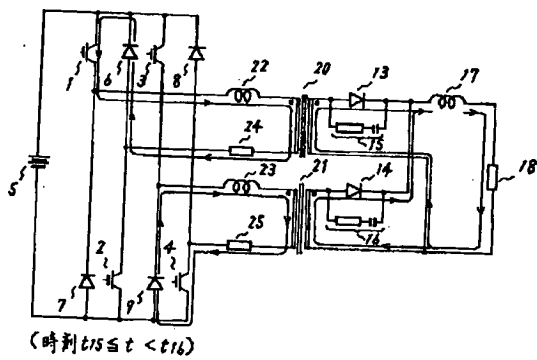
【図19】



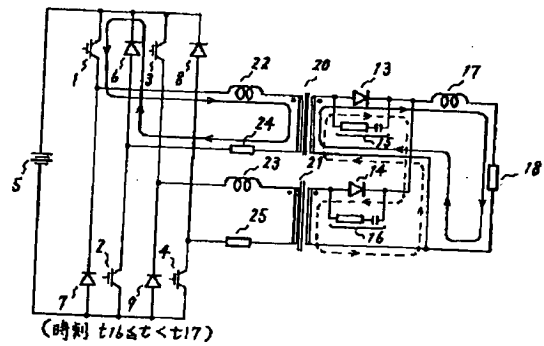
【図20】



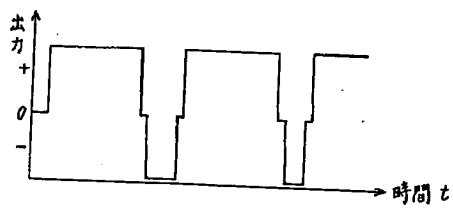
【図21】



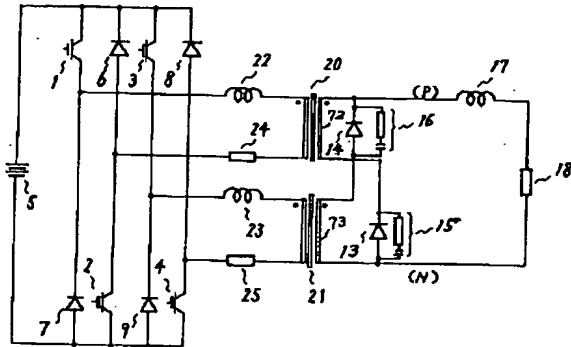
【図22】



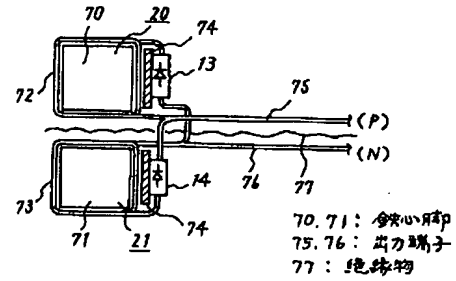
【図35】



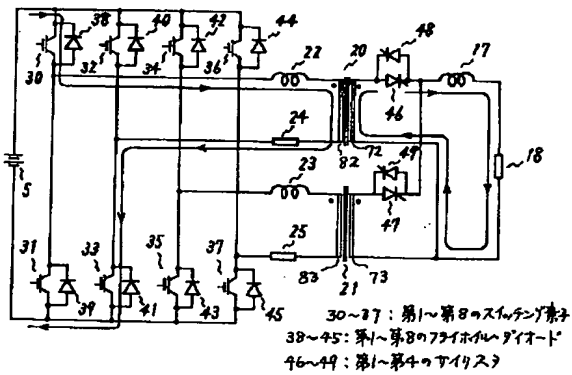
【図23】



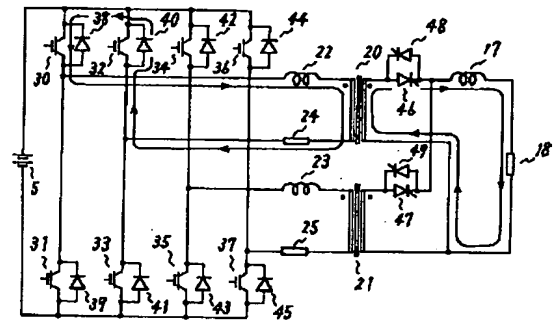
【図24】



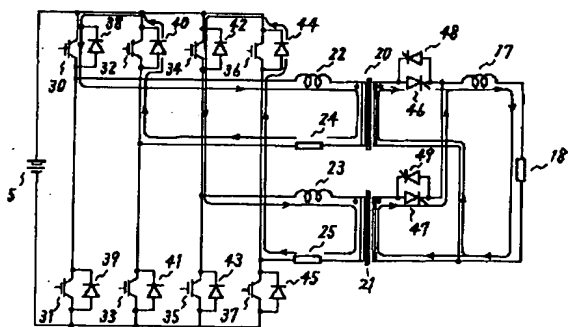
【図25】



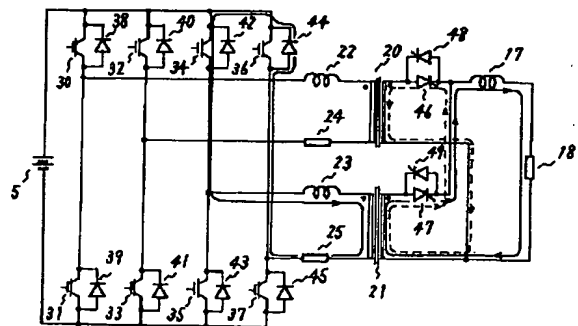
【図26】



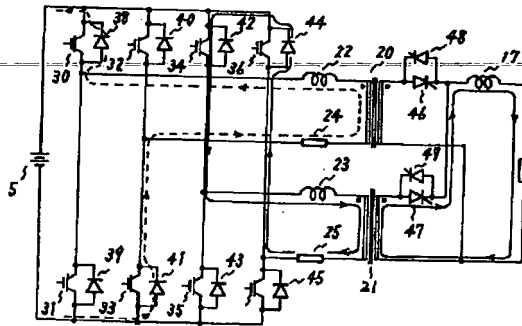
【図27】



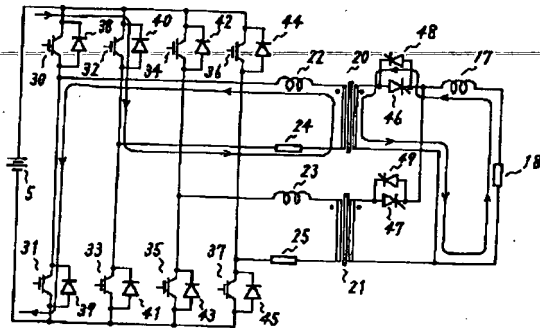
【図28】



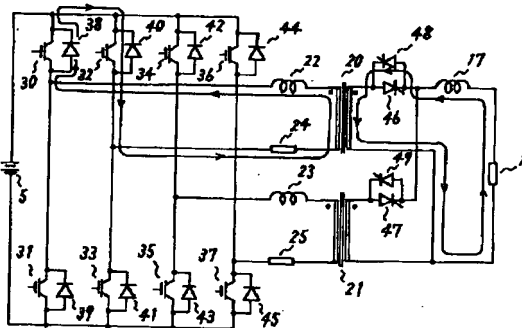
【図29】



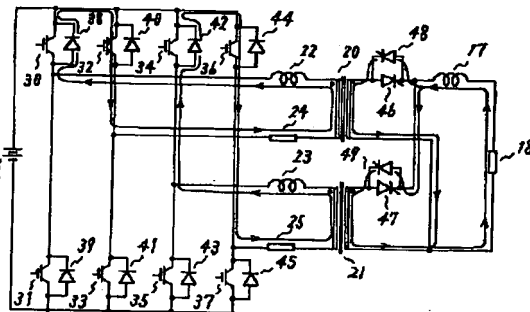
【図30】



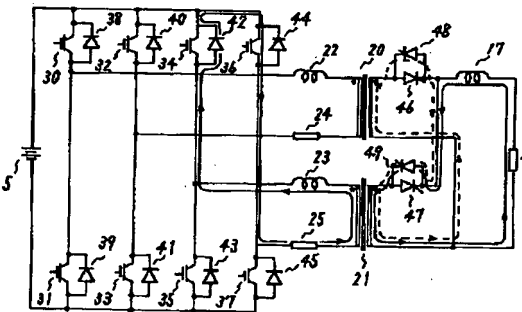
【図31】



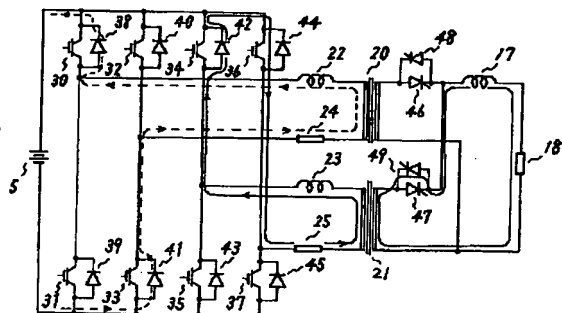
【図32】



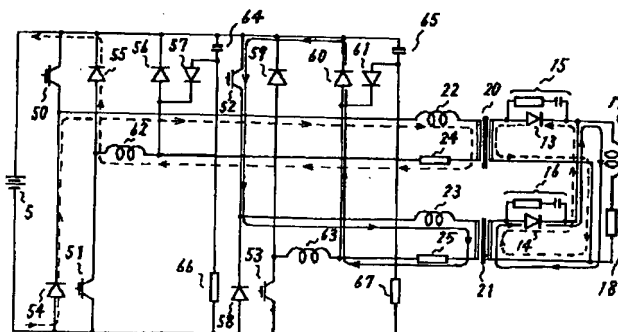
【図33】



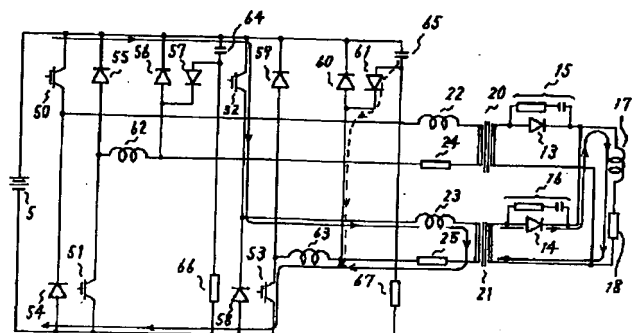
【図34】



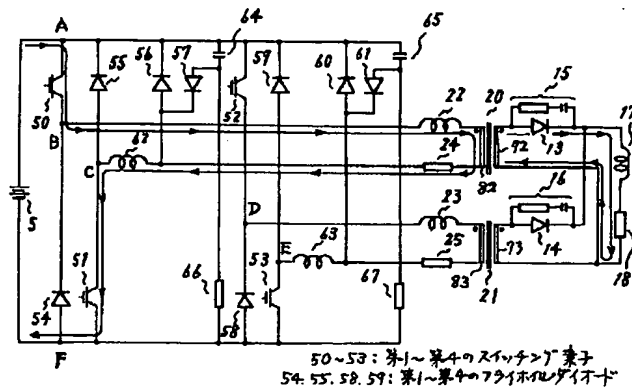
【図38】



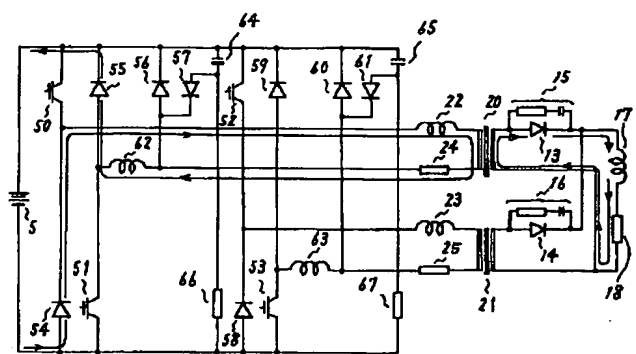
【図40】



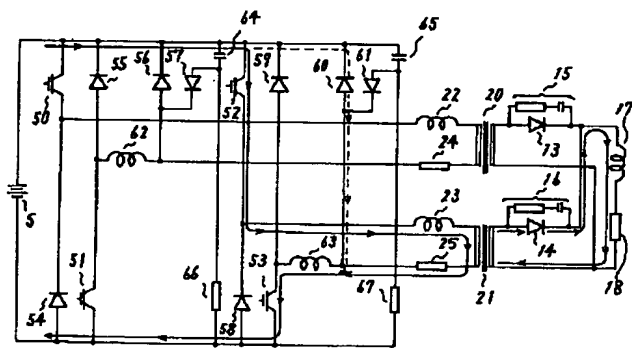
【図36】



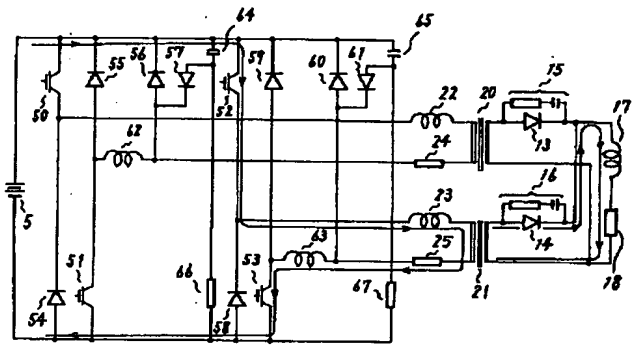
【図37】



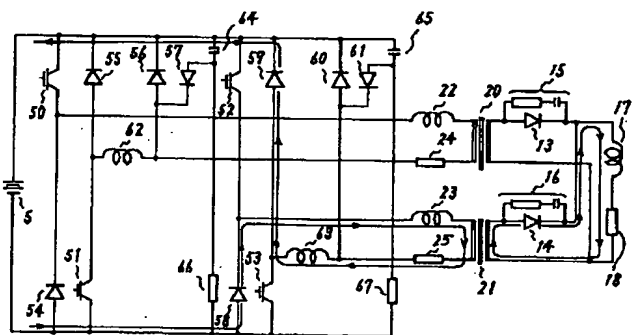
【図39】



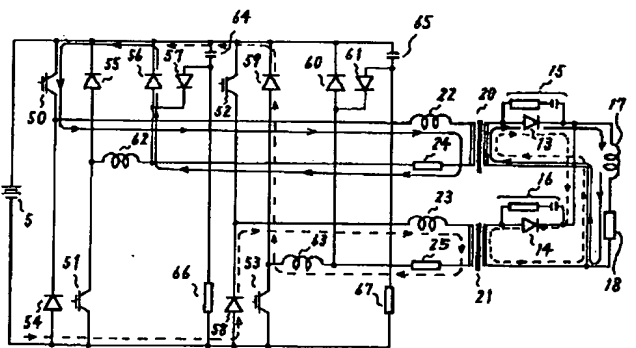
【図41】



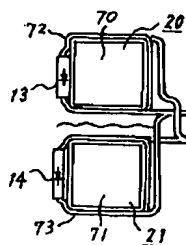
【図42】



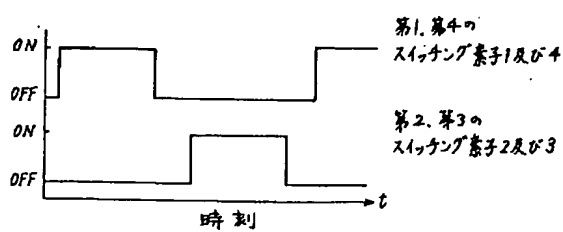
【図43】



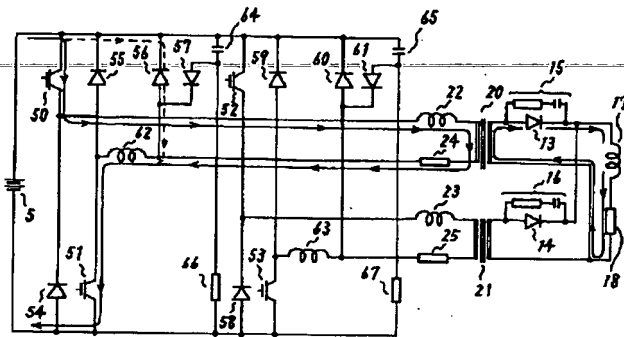
【図46】



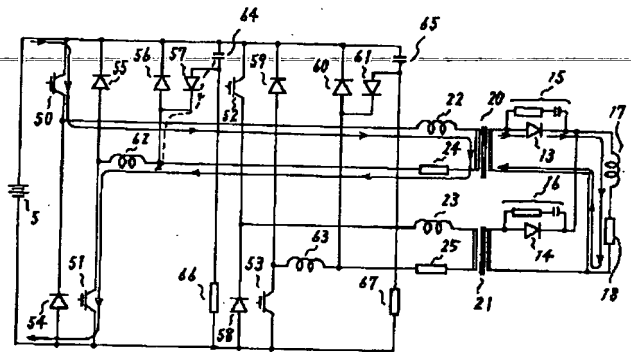
【図49】



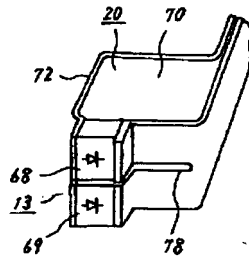
【図44】



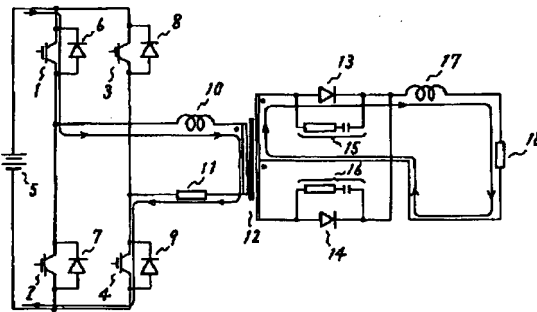
【図45】



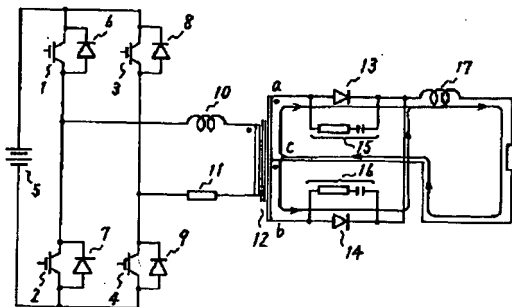
【図47】



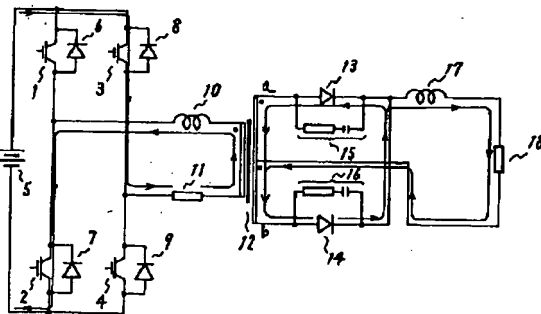
【図48】



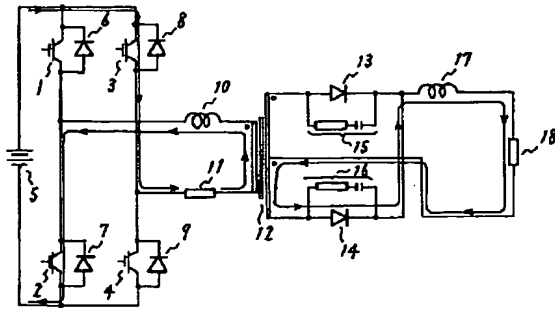
【図50】



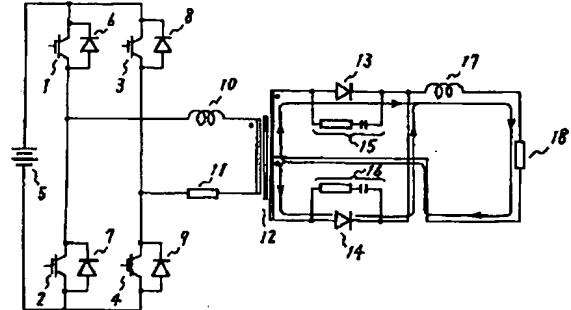
【図51】



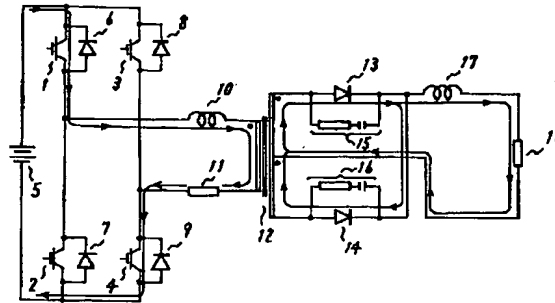
【図52】



【図53】



【図54】



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-004680

(43)Date of publication of application : 06.01.1998

(51)Int.Cl.

H02M 3/28
H02M 1/00
H02M 3/335
// H02M 7/48

(21)Application number : 08-154318

(71)Applicant : MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(22)Date of filing : 14.06.1996

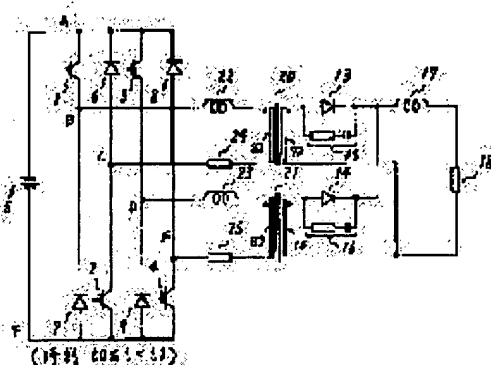
(72)Inventor : ANDOU AKINAGA
YABUNISHI YASUHIRO
YAMA HIROSHI

(54) DC-DC CONVERTER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress the surge voice of a DC-DC converter by suppressing power losses generated in a rectifier and snubber circuit by connecting the other ends of first and third (or second and fourth) switching elements and the anodes (cathodes) of second and fourth (or first and third) flywheel diodes to the anode (cathode) of a DC power source.

SOLUTION: The other ends of the first and third (second and fourth) switching elements 1 and 3 (2 and 4) and the anodes (or cathodes) of second and fourth (first and third) flywheel diodes 6 and 8 (7 and 9) are collectively connected to the anode (cathode) of a DC power source 5 at a connecting point A (F) and, at the same time, the output terminals of first and second rectifier diodes 13 and 14 are connected in parallel with a load resistor 18. Since no active reverse current is abruptly impressed upon the switching elements 1-4 from the forward current of a secondary-side rectifier, the very large spike-like current which flows, when the switching elements 1-4 are switched, does not flow and the losses and noise which occurs in the elements 1-4 and rectifier can be reduced.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 07.02.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

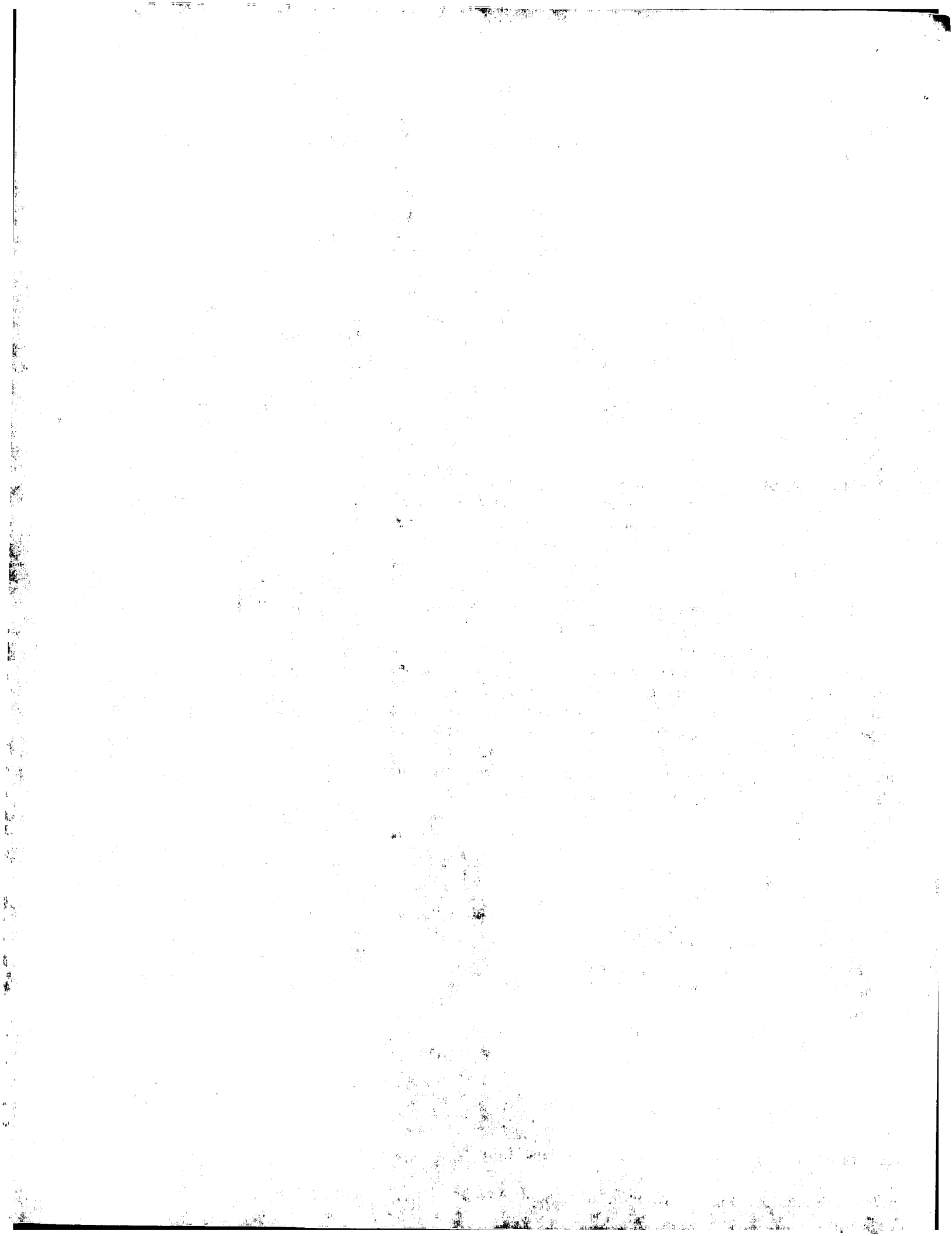
[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3390602

[Date of registration] 17.01.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of]



*** NOTICES ***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS**[Claim(s)]**

[Claim 1] The 1st and 3rd flywheel diode by which the anode plate was connected to the end of the 1st - the 4th switching element, and the 1st and 3rd switching element of these, respectively, The 2nd and 4th flywheel diode by which cathode was connected to the end of the 2nd and 4th switching element of the above, respectively, The 1st transformer to which the primary coil was connected between the ends of the 1st and 2nd switching element of the above, The 2nd transformer by which the primary coil was connected with this 1st transformer independently between the ends of the 3rd and 4th switching element of the above electromagnetic, It has the 1st and 2nd rectifier connected to the secondary coil of the 1st and 2nd transformer of the above, respectively. The other end of the 1st and 3rd switching element of the above and the anode plate of the above 2nd and the 4th flywheel diode are connected to the anode plate of DC power supply. DC to DC converter equipment characterized by making juxtaposition the outgoing end of the 1st and 2nd rectifier of the above, and connecting with a load while connecting the other end of the 2nd and 4th switching element of the above, and the cathode of the above 1st and the 3rd flywheel diode to the cathode of the above-mentioned DC power supply.

[Claim 2] It has the 8th flywheel diode. the 1- by which parallel connection was carried out to the 1st - the 8th switching element, and these 1st [the] - the 8th switching element, respectively -- While connecting the cathode of the above 1st, 3rd, 5th, and 7th flywheel diode, and the anode plate of the above 2nd, 4th, 6th, and 8th flywheel diode, respectively The 1st transformer by which the primary coil was connected between the cathode of the above 1st and the 3rd flywheel diode, The 2nd transformer by which the primary coil was connected with this 1st transformer independently between the cathode of the above 5th and the 7th flywheel diode electromagnetic, It has the 1st and 2nd rectifier connected to the secondary coil of the 1st and 2nd transformer of the above, respectively. While connecting the anode plate of the above 1st, 3rd, 5th, and 7th flywheel diode to the anode plate of DC power supply and connecting the cathode of the above 2nd, 4th, 6th, and 8th flywheel diode to the cathode of the above-mentioned DC power supply DC to DC converter equipment characterized by making juxtaposition the outgoing end of the 1st and 2nd rectifier of the above, and connecting with a load.

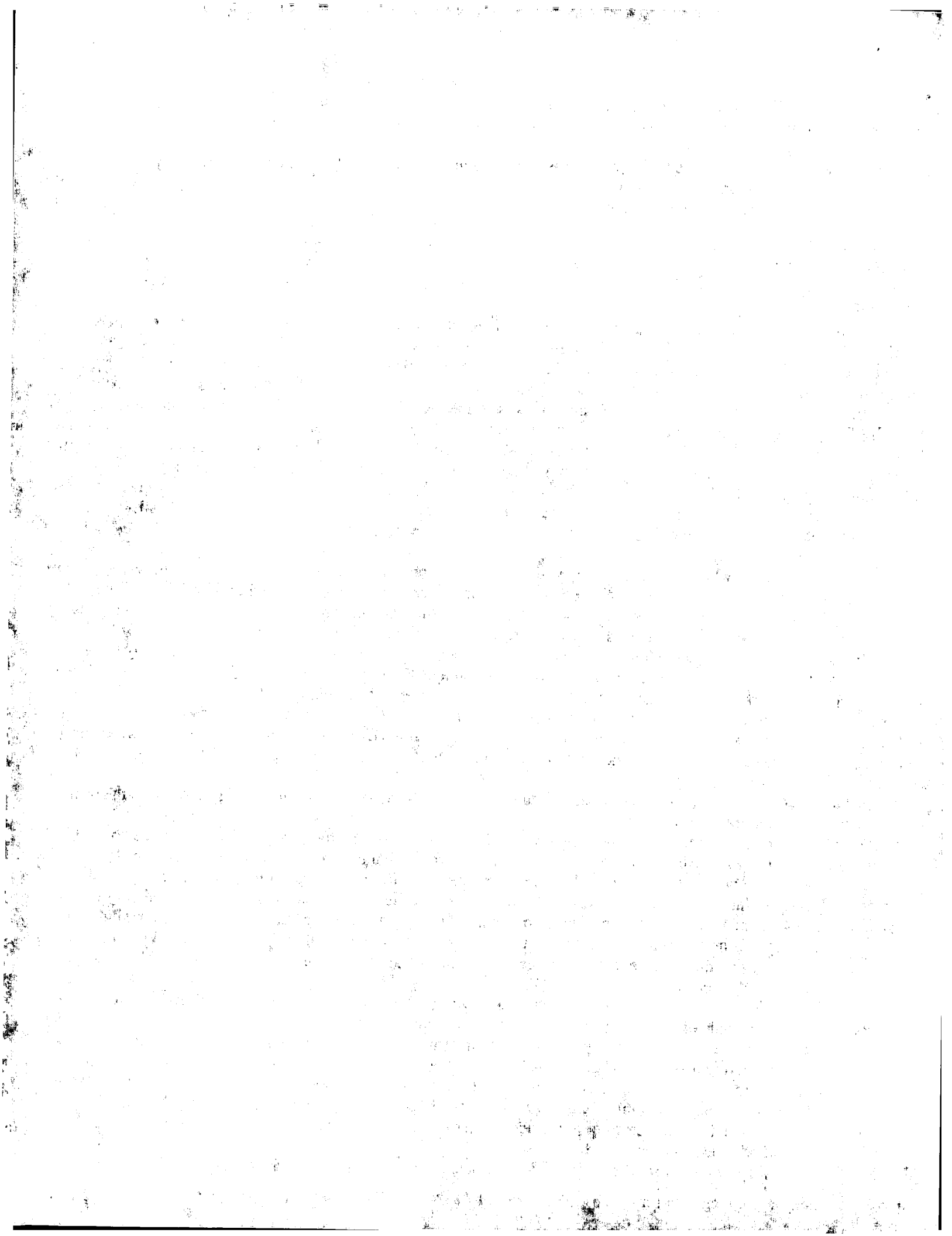
[Claim 3] DC to DC converter equipment according to claim 1 or 2 characterized by connecting a reactor to the primary coil of each 1st and 2nd transformer, and a serial.

[Claim 4] The 1st and 2nd rectifier is DC to DC converter equipment according to claim 1 to 3 characterized by being a switching element with the rectification capacity by which antiparallel connection was carried out, respectively.

[Claim 5] While consisting of parallel plates which the output terminal for connecting with a load made the flat side counter through an insulating material, and unified Arrange the leg of the 1st and 2nd transformer in parallel mutually, and pull out the above-mentioned output terminal from the mutual opposed face of both the above-mentioned legs, and the 1st and 2nd rectifier is arranged in one with the 1st and 2nd transformer of the above, respectively. While connecting the two poles of the 1st rectifier of the above to the secondary coil of the 1st transformer of the above, and one side of the above-mentioned output terminal, respectively DC to DC converter equipment according to claim 1 to 4 characterized by connecting the two poles of the 2nd rectifier of the above to the secondary coil of the 2nd transformer of the above, and another side of the above-mentioned output terminal, respectively.

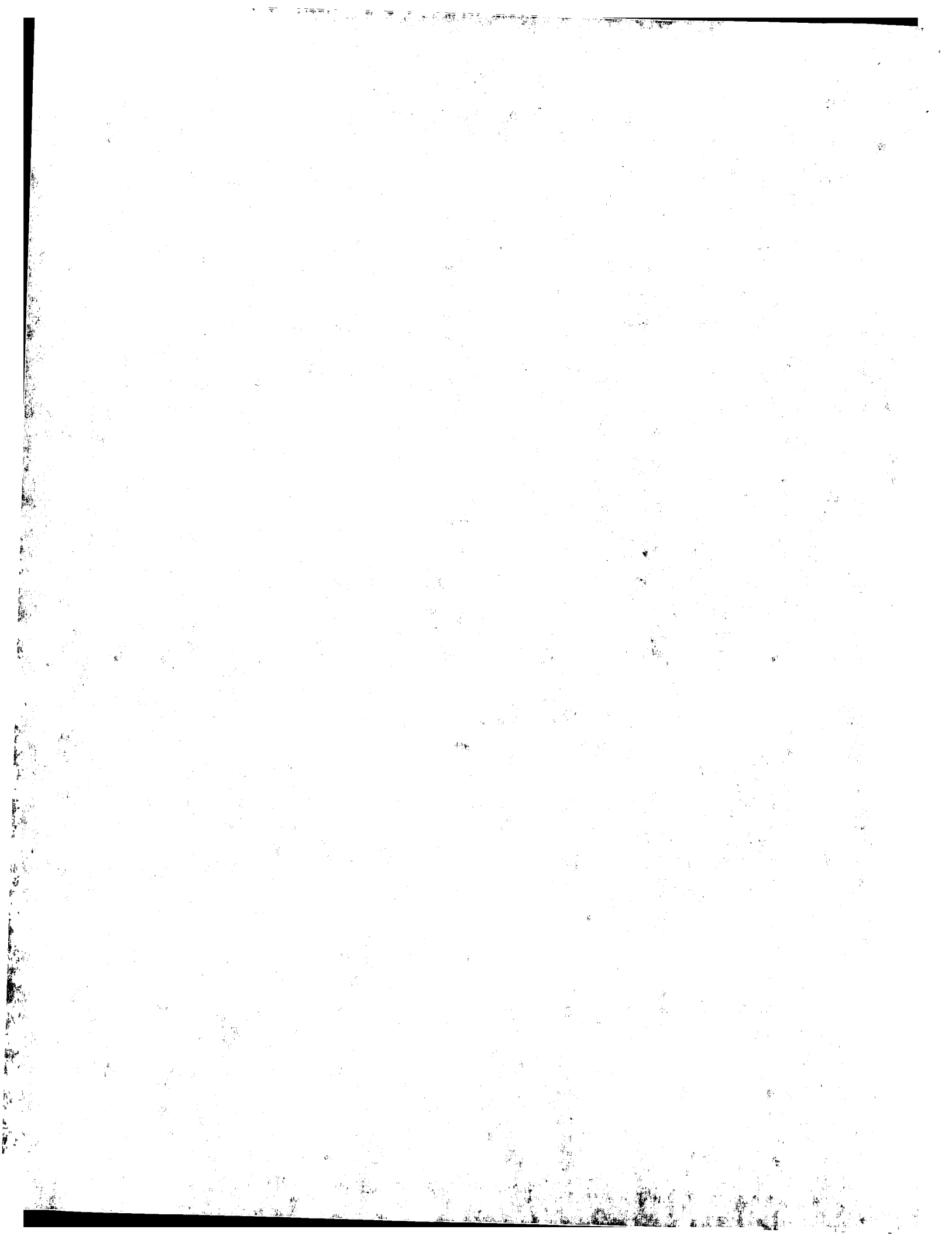
[Claim 6] While consisting of parallel plates which the output terminal for connecting with a load made the flat side counter through an insulating material, and unified Arrange the leg of the 1st and 2nd transformer in parallel mutually, and the above-mentioned output terminal is pulled out from the mutual opposed face of both the above-mentioned legs. DC to DC converter equipment according to claim 1 to 4 characterized by having connected in the middle of the secondary coil of the 1st and 2nd transformer of the above, respectively, and having arranged the 1st and 2nd rectifier in one with the 1st and 2nd transformer of the above.

[Claim 7] While making two or more rectifying devices juxtaposition and constituting them, respectively, the 1st and



2nd rectifier It constitutes from a plate. the conductor which has slitting prepared in the secondary coil of the 1st and 2nd transformer along the direction where a current flows -- DC to DC converter equipment according to claim 5 or 6 characterized by connecting the above-mentioned rectifying device to each part divided by the above-mentioned slitting of the secondary coil of the 1st and 2nd transformer of the above.

[Translation done.]



* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the low battery and the mass DC to DC converter equipment for high currents (10-50V, about 500-20,000A) which are especially used for electroplating or alumite processing, the DC to DC converter equipment for a high-voltage (several kV) output, and the high frequency DC to DC converter equipment further operated by high frequency about the DC to DC converter equipment which performs conversion between direct currents.

[0002]

[Description of the Prior Art] Drawing 48 is the circuit diagram showing conventional DC to DC converter equipment, 1-4 are the 1st - the 4th switching element, and it carries out full bridge connection, and connects with DC power supply 5, and they change direct current power into alternating current power. 6-9 -- the 1st - the 4th switching element 1-4 -- the 1- by which was alike, respectively and parallel connection was carried out -- it is the 4th flywheel diode and the above constitutes an inverter part.

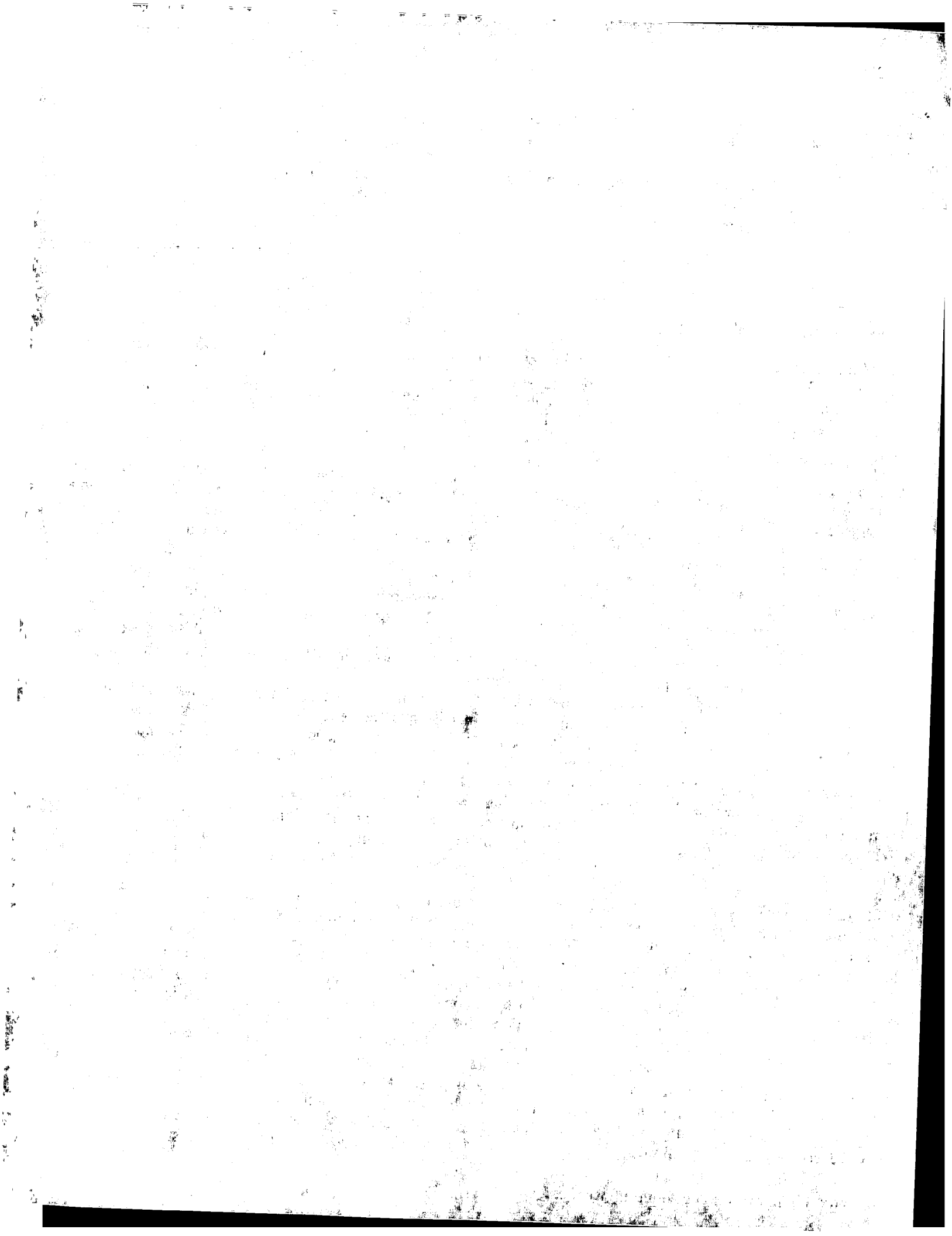
[0003] 12 is a transformer with a secondary center tap, and the leakage inductance in which 10 is contained in a transformer 12, and 11 show resistance of the coil contained in a transformer 12. 13, the 1st by which 14 was connected to the both-ends side of the secondary coil of a transformer 12, the 2nd diode for rectification, and 15 and 16 are the snubber circuits constituted by carrying out the series connection of resistance and the capacitor, and they are connected to the 1st and 2nd diode for rectification at juxtaposition. 17 is a direct-current inductance for being smooth, and constitutes the rectifier-circuit section above. 18 is load resistance.

[0004] Next, actuation is explained. As shown in drawing 49, the 1st, the 4th switching element 1 and 4, and the 2nd and the 3rd switching element 2 and 3 shall be turned on / turned off at coincidence, respectively. First, if the 1st and 4th switching element 1 and 4 is turned on, as the arrow head of drawing 48 shows, a current will flow. The energy of $1/2 I^2 L$ is accumulated in the direct-current inductance 17 at this period. However, the current and L to which I flows to the direct-current inductance 17 are the inductance value of the direct-current inductance 17.

[0005] Between dead times until the 2nd and 3rd switching element turns on, if the 1st and 4th switching element 1 and 4 is turned off, it will divide into two to the 1st and 2nd diode 13 and 14 for rectification, and the energy stored in the direct-current inductance 17 will flow and discharge to it, as shown in drawing 50. Since the potential between secondary a-b of the transformer 12 at this time is added on electrical potential differences [hard flow] between a-c and between c-b, it serves as zero.

[0006] If the 2nd and 3rd switching element 2 and 3 is turned on, as the arrow head of drawing 51 shows, a current will flow, and the electrical potential difference between secondary a-b of a transformer 12 will join the 1st diode 13 for rectification to hard flow. Before discharge of the direct-current inductance 17 shown in drawing 50 is completed and the 1st diode 13 for rectification turns off It means that the 2nd and 3rd switching element 2 and 3 is turned on, and, as for the 1st diode 13 for rectification, reverse voltage was impressed from forward direction switch-on. According to the carrier storage effect The big reverse current I_{rr} flows transitionally until the carrier inside [for rectification / diode 13] the 1st disappears, since the 1st diode 13 for rectification is having leaked out so to speak. Through a transformer 12, this current is superimposed also on the forward current of the 2nd diode 14 for rectification, and flows. If it passes over the reverse recovery (disappearance of carrier) period of the 1st diode 13 for rectification, as shown in drawing 52, the 1st diode 13 for rectification will become off, and as the paragraph 0004 explained according to the forward current from the 2nd diode 14 for rectification, energy will be stored in the direct-current inductance 17.

[0007] And as shown in drawing 53, discharge of the direct-current inductance 17 will start, as shown in drawing 54 below, reverse voltage will be impressed to the 2nd diode 14 for rectification at the moment of the 1st and 4th switching



element 1 and 4 being turned on, and if the 2nd and 3rd switching element 2 and 3 is turned off, as the paragraph 0006 explained, the big reverse current I_{rr} will flow to the 2nd diode 14 for rectification. If the carrier of the 2nd diode 14 for rectification disappears and it is turned off, as again shown in drawing 48, a current will flow, and above-mentioned actuation will be repeated henceforth.

[0008]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Since conventional DC to DC converter equipment is constituted as mentioned above and it operates, in the case of switching, the current which flows the diode for rectification has very big reverse current inclination di/dt , and very big surge voltage generates it with the leakage inductance of a transformer. Moreover, since a reverse current I_{rr} also becomes large, according to this big electrical potential difference and big current, big switching loss is generated and it becomes disadvantageous for RF-izing. Although what is necessary is just to enlarge capacity of the capacitor in a snubber circuit in order to control this electrical potential difference low, the problem that the loss power by the resistance in this snubber circuit increases in proportion to the capacity which increased arises. On the contrary, if the capacity of the capacitor in a snubber circuit is inadequate, it is necessary to adopt the diode for power with the diode for power and the ultra high-speed reverse recovery property of high reverse pressure-proofing, and large cost quantity will be caused. Moreover, generally, since forward voltage V_F is high, the forward direction loss in diode of the diode with especially a ultra high-speed reverse recovery property is also disadvantageous also in increase, therefore a cooling surface.

[0009] While a switching element is turned on in the inverter section, very big switching loss (on-state power loss) occurs in that to which two, a part for a part for the stationary current of the diode for rectification and a reverse current, flow (for example, refer to operating state of the diode 14 for rectification in drawing 51). Moreover, there was also a problem that electromagnetic wave disorder occurred by the above. In addition, if the leakage inductance of a transformer is enlarged, it will become difficult for flowing current inclination di/dt of a current to be controlled, and to consider a miniaturization as RF operation of a system on the other hand, although it is effective to the above-mentioned problem.

[0010] This invention is made in order to solve the above problems, it controls rectifiers, such as diode for rectification, and the power loss generated in a snubber circuit, and controls surge voltage, enables use of the common diode for large power etc., and reduces the switching loss in components, such as diode for rectification, and aims at obtaining the DC-to-DC-converter equipment which can perform high-frequency operation and a miniaturization of a system.

[0011]

[Means for Solving the Problem] The DC to DC converter equipment concerning this invention The 1st - the 4th switching element, and the 1st and 3rd flywheel diode by which the anode plate was connected to the end of the 1st and 3rd switching element, The 2nd and 4th flywheel diode by which cathode was connected to the end of the 2nd and 4th switching element, The 1st transformer connected between the ends of the 1st and 2nd switching element, The 2nd transformer connected between the ends of the 3rd and 4th switching element, While having the 1st and 2nd rectifier connected to the 1st and 2nd transformer and connecting the other end of the 1st and 3rd switching element, and the anode plate of the 2nd and 4th flywheel diode to the anode plate of DC power supply The other end of the 2nd and 4th switching element and the cathode of the 1st and 3rd flywheel diode are connected to the cathode of a direct-current electrode.

[0012] It has the 8th flywheel diode. moreover, the 1st - the 8th switching element, and the 1 - by which parallel connection was carried out to these -- While connecting the cathode of the 1st, 3rd, 5th, and 7th flywheel diode, and the anode plate of the 2nd, 4th, 6th, and 8th flywheel diode The 1st transformer connected between the cathode of the 1st and 3rd flywheel diode, The 2nd transformer connected between the cathode of the 5th and 7th flywheel diode, While having the 1st and 2nd rectifier connected to the 1st and 2nd transformer and connecting the anode plate of the 1st, 3rd, 5th, and 7th flywheel diode to the anode plate of DC power supply, the cathode of the 2nd, 4th, 6th, and 8th flywheel diode is connected to the cathode of DC power supply.

[0013] Furthermore, a reactor is connected to the primary coil of the 1st and 2nd transformer at a serial. Furthermore, let the 1st and 2nd rectifier be a switching element with the rectification capacity by which antiparallel connection was carried out.

[0014] Furthermore, while constituting an output terminal from an parallel plate, the leg of the 1st and 2nd transformer is arranged in parallel, and an output terminal is pulled out from the opposed face of both legs, and the 1st and 2nd rectifier is arranged in one with the 1st and 2nd transformer. Moreover, while constituting an output terminal from an parallel plate, the leg of the 1st and 2nd transformer is arranged in parallel, and an output terminal is pulled out from the opposed face of both legs, and the 1st and 2nd rectifier is connected in the middle of the secondary coil of the 1st and 2nd transformer. furthermore, the conductor which has slitting which met the secondary coil of the 1st and 2nd

transformer in the direction of a current while constituting the 1st and 2nd rectifier from two or more rectifying devices -- it constitutes from a plate and a rectifying device is connected to each part divided by slitting.

[0015]

[Embodiment of the Invention]

Gestalt 1. drawing 1 of operation is the circuit diagram showing the DC to DC converter equipment which is the gestalt 1 of implementation of this invention, and is set to drawing, 5 is DC power supply and 1-4 are the 1st - the 4th switching element (although IGBT is shown by a diagram). It is the 4th flywheel diode. these may be Power FET and GTO etc. -- the 1- by which 7, 6, 9, and 8 were connected to the 1st - the 4th switching element 1-4 at the serial, respectively -- The anode plate of the 1st and 3rd flywheel diode 7 and 9 is connected to the end of the 1st and 3rd switching element 1 and 3 in Nodes B and D, and the cathode of the 2nd and 4th flywheel diode 6 and 8 is connected to the end of the 2nd and 4th switching element 2 and 4 in Nodes C and E. And while the other end of the 1st and 3rd switching element 1 and 3 and the anode plate of the 2nd and 4th flywheel diode 6 and 8 bundle up in Node A and are connected to the anode plate of DC power supply 5, the other end of the 2nd and 4th switching element 2 and 4 and the cathode of the 1st and 3rd flywheel diode 7 and 9 bundle up in Node F, and are connected to the cathode of DC power supply 5. the 1st - the 4th switching element 1-4, and the 1- the inverter section consists of the 4th flywheel diode 7, 6, 9, and 8.

[0016] 20 and 21 are the 1st and 2nd transformer which became independent electromagnetic mutually, the primary coil 82 of the 1st transformer 20 is connected during Nodes B and C, and the primary coil 83 of the 2nd transformer 21 is connected during Nodes D and E. Resistance of the coil with which 22 and 23 are contained in 24 in the leakage inductance of the 1st and 2nd transformer 20 and 21, and 25 is contained in the 1st and 2nd transformer 20 and 21 again is shown.

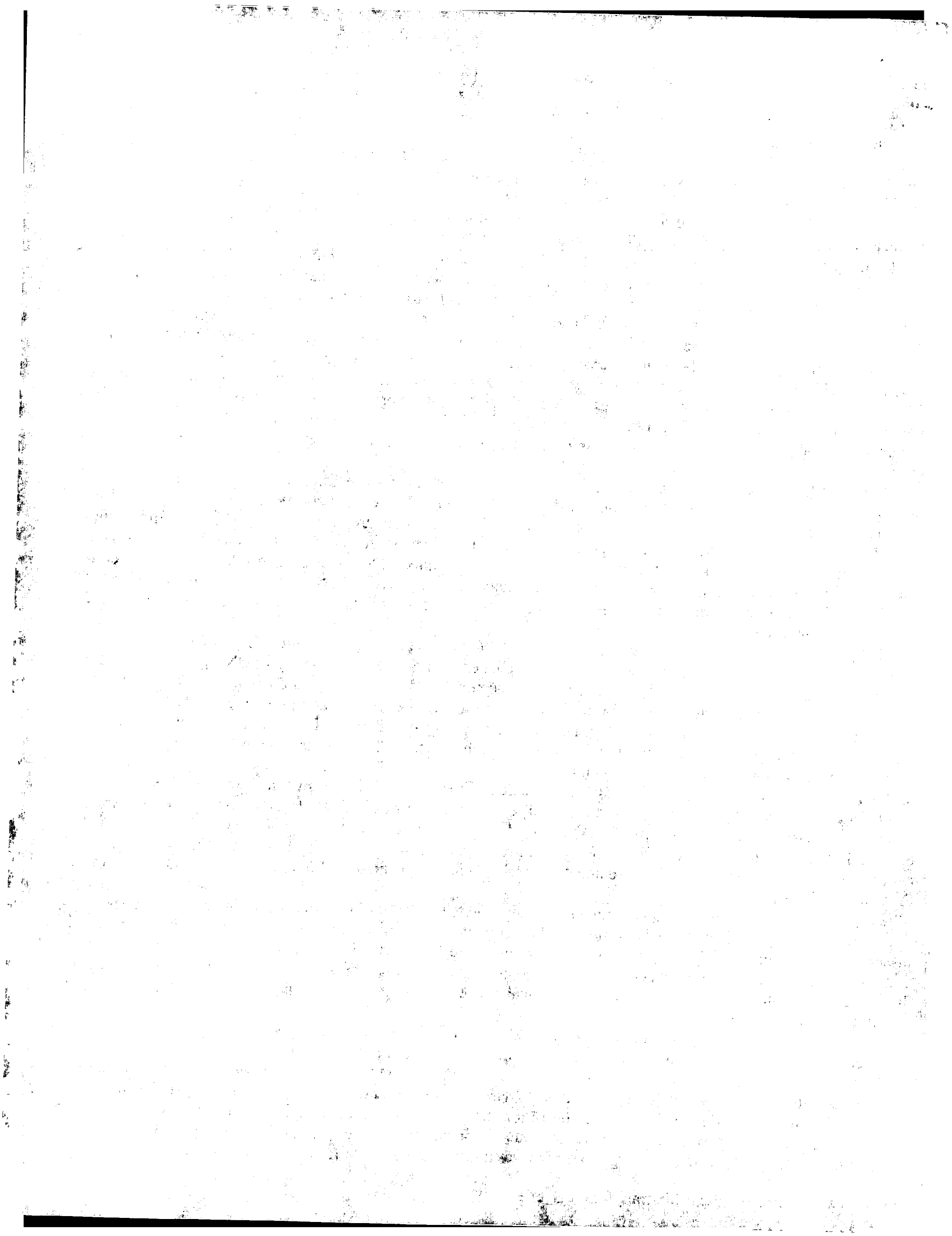
[0017] 13 and 14 are the 1st [as the 1st and 2nd rectifier], and 2nd diode for rectification, and are connected to the secondary coils 72 and 73 of the 1st and 2nd transformer 20 and 21 at the serial, respectively. 15 and 16 are snubber circuits which come to connect resistance and a capacitor with a serial, and are connected to the 1st and 2nd diode 13 and 14 for rectification at juxtaposition, respectively. 18 is load resistance, and the outgoing end of the 1st and 2nd diode 13 and 14 for rectification is arranged in parallel, and it is connected to load resistance 18. 17 is a direct-current inductance which is parasitic all over the direct-current inductance prepared in smooth at the serial at load resistance 18, or a circuit. The rectifier-circuit section consists of the 1st, the 2nd diode 13 and 14 for rectification, snubber circuits 15 and 16, and a direct-current inductance 17.

[0018] Next, actuation is explained. The 1st - the 4th switching element 1-4 shall be turned on / turned off to the timing shown in drawing 2 . First, since only the 1st switching element 1 serves as [time of day t] ON by $t_0 \leq t < t_1$, a current does not flow all over a circuit. Since the 2nd switching element 2 serves as ON by time-of-day $t_1 \leq t < t_2$ in addition to the 1st switching element 1, the 1st transformer 20 is excited, and as the arrow head of drawing 3 shows, a current flows to each part (an arrow head shows a current henceforth). The energy of $1/2 \cdot I^2 L$ is stored in the direct-current inductance 17 at this period. However, the current and L to which I flows to the direct-current inductance 17 are the inductance value of the direct-current inductance 17.

[0019] In time-of-day $t_2 \leq t < t_3$, the 2nd switching element 2 becomes off (the 1st switching element 1 is still ON succeedingly), discharge of the energy stored in the direct-current inductance 17 starts, and a current flows like drawing 4 to the secondary of the 1st transformer 20. Thereby, to the primary side, the current which went via the 1st switching element 1 from the 2nd flywheel diode 6 flows (the current which returns via flywheel diode in this way is henceforth called a "flywheel current"). Since the 3rd and 4th switching element 3 and 4 is [both] off, a current does not flow to the 2nd transformer 21.

[0020] The 3rd switching element 3 is turned on by time-of-day $t_3 \leq t < t_4$. Since this period and the 1st and 3rd switching element 1 and 3 are turned on, thereby, discharge of the energy stored in the direct-current inductance 17 is bisected, as shown in drawing 5 . That is, while a current divides into two and flowing by the secondary of the 1st and 2nd transformer 20 and 21, a flywheel current also bisects a primary side in the circuit which goes via the 2nd flywheel diode 6 and 1st switching element 1, and the circuit which goes via the 4th flywheel diode 8 and 3rd switching element 3, and it flows in it.

[0021] By time-of-day $t_4 \leq t < t_5$, if the 1st switching element 1 is turned off, discharge of the energy currently stored in the direct-current inductance 17 and the flywheel current by the side of primary will flow to the 2nd transformer 21 side altogether, as the continuous-line arrow head of drawing 6 shows. And at this time, the energy which the excitation inductance of the 1st transformer 20 has discharges to hard flow to the 1st diode 13 for rectification via the secondary coil of the 2nd transformer 21, and the 2nd diode 14 for rectification, as this drawing broken-line arrow head shows, a current flows to carrier disappearance and the 1st diode 13 for rectification becomes off. When the 1st diode 13 for rectification is turned off, as the discharge root of the excitation energy of the 1st transformer is lost and the broken-line



arrow head of drawing 7 shows this excitation energy, DC power supply 5 are regenerated via the 1st and 2nd flywheel diode 7 and 6 from a primary side, and the 1st transformer 20 returns to the original condition (reset).

[0022] By time-of-day $t5 \leq t < t6$, the 4th switching element 4 is turned on, as shown in drawing 8, the 2nd transformer 21 is excited, a current flows to the 2nd diode 14 for rectification, and energy is stored in the direct-current inductance 17. By time-of-day $t6 \leq t < t7$, the 4th switching element 4 is turned off and the flywheel current discharge of the energy currently stored in the direct-current inductance 17 and by the side of [the 2nd transformer 21] primary flows like drawing 9. The 1st switching element 1 is turned on by time-of-day $t7 \leq t < t8$, it divides into two and discharge of the energy of the direct-current inductance 17 and the flywheel current by the side of primary flow, as shown in drawing 10.

[0023] By time-of-day $t8 \leq t < t9$, the 3rd switching element 3 is turned off, and discharge of the energy of the direct-current inductance 17 and the flywheel current by the side of primary flow to the 1st transformer 20 side altogether, as the continuous-line arrow head of drawing 11 shows. At this time, the excitation energy stored in the excitation inductance of the 2nd transformer 21 discharges to hard flow to the 2nd diode 14 for rectification via the secondary coil of the 1st transformer 20, and the 1st diode 13 for rectification, as the paragraph 0021 described, and the broken-line arrow head of drawing 11 shows, and the 2nd diode 14 for rectification serves as OFF. If the 2nd diode 14 for rectification is turned off, as the discharge root of the excitation energy of the 2nd transformer 21 is lost and the broken-line arrow head of drawing 12 shows this excitation energy, DC power supply 5 will be regenerated via the 3rd and 4th flywheel diode 9 and 8, and the 2nd transformer 21 will return to the original condition.

[0024] Actuation of $t1-t9$ is henceforth repeated in one period of actuation of the above of this circuit. Drawing 13 shows the current which flows to the 1st and 2nd diode 13 and 14 for rectification, and what compounded two currents flows to load resistance 18. Thus, commutation is controllable to arbitration by controlling the inverter section by the side of primary.

[0025] In drawing 6, the reverse recovery property of the 1st diode 13 for rectification is looked at. As the paragraph 0021 described, in this period, the secondary coil of the 2nd transformer 21 and the 2nd diode 14 for rectification go, and the excitation energy which the excitation inductance of the 1st transformer 20 has discharges to hard flow to the 1st diode 13 for rectification. Since there are a lot of carriers in the 1st diode 13 for rectification at this time, a period until this disappears, and a big reverse current flow. Although the time quadrature value of this reverse current is called "reverse recovered charge Q_{rr} ", with the diode for large power to be used, almost, this was decided and can acquire that numeric value from catalog data etc.

[0026] Time amount required for reverse recovery and "reverse recovery time t_{rr} " can be found from reverse recovered charge Q_{rr} and reverse recovery current I_{rr} . Since the reverse recovery current I_{rr} in the circuit of the gestalt of this operation was equivalent to the secondary reduced property of the exciting current of the 1st transformer 20 and reverse recovered charge Q_{rr} was decided, reverse recovery time t_{rr} is found. What is necessary is to be that (for the effect of the temperature change of the diode for rectification etc. to be considered, and for a setup which expected sufficient allowances to be required for reverse recovery time t_{rr} and a switching period in practice) which can be made into the "maximum "on" period" of switching of the remaining time amount which lengthened this reverse recovery time t_{rr} from a part for the half period of actuation of a circuit, and just to apply residual time to reverse recovery time t_{rr} after the maximum "on" period setup.

[0027] Reverse recovery current I_{rr} by adjusting the excitation property in design / manufacture process of the 1st transformer 20 By making small the leakage inductance $L1$ of the transformer which can adjust to a suitable value and contains the parasitism inductance in a circuit $1/2$, I_{rr2} , and $L1$ can be made small, and it leads also to reduction of the power loss produced in the resistance in the switching loss snubber circuit 15 connected to the 1st diode 13 for rectification at juxtaposition produced to the 1st diode for rectification. A snubber circuit 15 can also be lost. Moreover, in drawing 11, it can say that it is the same as that of **** also about the 2nd transformer 21, the 2nd diode 14 for rectification, and the snubber circuit 16 connected to juxtaposition at it.

[0028] gestalt 2. of operation -- the gestalt 2 of implementation of this invention performs different control to the same circuit as the gestalt 1 of the above-mentioned operation. The timing of ON/OFF of each switching element is shown in drawing 14. Since time-of-day $t0 \leq t < t7$ is the same as that of the gestalt 1 of operation, it omits explanation (drawing 1, three to 9 reference). By time-of-day $t7 \leq t < t8$, the 2nd switching element 2 is turned on, it divides into two and discharge of the energy of the direct-current inductance 17 and the flywheel current by the side of primary flow, as shown in drawing 15. With the gestalt of this operation, splitting is carried out to a primary side at 1st, 4th flywheel diode 7, and 8 side to carrying out splitting to 2nd, 4th flywheel diode 6, and 8 side like drawing 10 with the gestalt 1 of operation.

[0029] By time-of-day $t8 \leq t < t9$, the 3rd switching element 3 is turned off, and the flywheel current discharge and by

the side of [the energy of the direct-current inductance 17] primary flows to the 1st transformer 20 side altogether, as the continuous-line arrow head of drawing 16 shows. At this time, the excitation energy stored in the excitation inductance of the 2nd transformer 21 discharges to hard flow to the 2nd diode 14 for rectification via the secondary coil of the 1st transformer 20, and the 1st diode 13 for rectification, as a broken-line arrow head shows, and it becomes off [the 2nd diode 14 for rectification]. If the 2nd diode 14 for rectification becomes off, the discharge root of the excitation energy of the 2nd transformer 21 will be lost, this excitation energy will be revived by DC power supply 5 via the 3rd and 4th flywheel diode 9 and 8, and the 2nd transformer 21 will return to the original condition.

[0030] In time-of-day $t_9 \leq t < t_{10}$, the 1st switching element 1 is turned on, and since the same actuation as time-of-day $t_1 \leq t < t_2$ is carried out, explanation is omitted (refer to drawing 3). By time-of-day $t_{10} \leq t < t_{11}$, it is turned off, the energy stored in the direct-current inductance 17 flows via the 1st diode 13 for rectification like drawing 17 , and the 1st switching element 1 flows via the 1st flywheel diode 7 at a primary side. The energy of the direct-current inductance 17 is shunted toward the 1st and 2nd transformer 20 and 21 like [in time-of-day $t_{11} \leq t < t_{12}$ / the 4th switching element 4 is turned on and] drawing 18 , and carries out splitting to the 1st and 3rd flywheel diode 7 and 9 in a primary side.

[0031] By time-of-day $t_{12} \leq t < t_{13}$, the 2nd switching element 2 is turned off, and the flywheel current discharge and by the side of [the energy of the direct-current inductance 17] primary flows to the 2nd transformer 21 side altogether, as the continuous-line arrow head of drawing 19 shows. At this time, the excitation energy of the 1st transformer 20 discharges, as a broken-line arrow head shows, and it flows to hard flow to the 1st diode 13 for rectification, and the 1st diode 13 for rectification becomes off. If the 1st diode 13 for rectification becomes off, the discharge root of the excitation energy of the 1st transformer 20 will be lost, this excitation energy will be revived by DC power supply 5 via the 1st and 2nd flywheel diode 7 and 6, and the 1st transformer 20 will return to the original condition.

[0032] In time-of-day $t_{13} \leq t < t_{14}$, the 3rd switching element 3 is turned on, and since the same actuation as time-of-day $t_5 \leq t < t_6$ is carried out, explanation is omitted (refer to drawing 8). By time-of-day $t_{14} \leq t < t_{15}$, the 3rd switching element 3 is turned off, and the energy of the direct-current inductance 17 flows via the 2nd diode 14 for rectification, as shown in drawing 20 , and it flows via the 3rd flywheel diode 9 at a primary side. By time-of-day $t_{15} \leq t < t_{16}$, the 1st switching element 1 is turned on, and as shown in drawing 21 , splitting of the energy of the direct-current inductance 17 is carried out to the 1st and 2nd transformer 20 and 21.

[0033] By time-of-day $t_{16} \leq t < t_{17}$, the 4th switching element 4 is turned off, and the flywheel current discharge and by the side of [the energy of the direct-current inductance 17] primary flows to the 1st transformer 20 side altogether, as the continuous-line arrow head of drawing 22 shows. The excitation energy of the 2nd transformer 21 discharges, as a broken-line arrow head shows, and it flows to hard flow to the 2nd diode 14 for rectification, and the 2nd diode 14 for rectification becomes off. If the 2nd diode 14 for rectification becomes off, the discharge root of the excitation energy of the 2nd transformer 21 will be lost, DC power supply 5 will be regenerated via the 3rd and 4th flywheel diode 9 and 8, and the 2nd transformer 21 will return to the original condition.

[0034] The above repeats actuation of t_1 - t_{17} henceforth in actuation for one period. with the gestalt of this operation, the flywheel current in 1 period is shown in drawing 4 -6, and 9, 15-22, without inclining toward specific flywheel diode -- as -- the 1- it is scattered in time by the 4th flywheel diode 7, 6, 9, and 8, and thermally, duty is equated and it is mitigated.

[0035] The circuit diagram in the gestalt 3 of the implementation of this invention to gestalt 3. drawing 23 of operation is shown. It is only that the connection sequence of the secondary coil 72 of the 1st transformer 20 and the 1st diode 14 for rectification differs compared with the circuit diagram of drawing 1 , therefore the same electrical operation as the circuit of drawing 1 is carried out. In drawing, it is the leg of the 1st and 2nd transformer 20 and 21, and a cross section is formed in a square thru/or a rectangle, drawing 24 is the sectional view showing the structure of the 1st and 2nd transformer 20 and 21 of the circuits shown in drawing 23 , and the 1st and 2nd diode 13 and 14 for rectification, and they are arranged [70 and 71 counter in parallel mutually and]. In addition, although every one leg 70 and 71 each is illustrated, a leg is also out of illustration and magnetic flux circulates through it. Using the plate-like conductor, the secondary coils 72 and 73 of the 1st and 2nd transformer 20 and 21 are formed so that it may coil around the periphery side of legs 70 and 71. In addition, in this drawing, illustration of the primary coil of the 1st and 2nd transformer 20 and 21 is omitted.

[0036] 74 is a cooling plate for cooling the 1st and 2nd diode 13 and 14 for rectification, and the 1st and 2nd diode 13 and 14 for rectification is arranged so that it may be united with the 1st and 2nd transformer 20 and 21 through a cooling plate. 75 and 76 are the output terminals by the side of P which consisted of parallel plates, and N, they sandwich an insulating material 77 in between, make a flat side counter, and are unified. the secondary coils 72 and 73 in the field where legs 70 and 71 countered -- it connects with the form where the output terminals 75 and 76 by the side of P and N were pulled out, from each end. While the both ends of the 1st diode 13 for rectification are connected to the other end

of the secondary coil 72 of the 1st transformer 20, and the N side output terminal 76, respectively, the both ends of the 2nd diode 14 for rectification are connected to the other end of the secondary coil 73 of the 2nd transformer 21, and the P side output terminal 75, respectively.

[0037] By adopting above-mentioned structure, it applies to the output terminals 75 and 76 by the side of P and N from the opposite section of the secondary coils 72 and 73 of the 1st and 2nd transformer 20 and 21, and opposite arrangement of the conductor of each other is carried out, therefore the same effectiveness as a capacitor arises, the impedance of an output transmission line becomes low, and the harmonic content contained in output power is decreased. Moreover, the distance of the 1st and 2nd transformer 20 and 21 and the 1st and 2nd diode 13 and 14 for rectification becomes near, equipment is miniaturized, the parasitism inductance of a circuit also becomes small, and the reverse recovery loss (switching loss) in the reverse recovery property of the 1st and 2nd diode 13 and 14 for rectification is reduced by it. The time amount which commutation furthermore takes can be shortened and switching which is high frequency more can be performed. In addition, also in the circuit of drawing 1, it can be made the same compact configuration as drawing 24 by connecting each part according to the circuit.

[0038] Gestalt 4. drawing 25 of operation is the circuit diagram showing the gestalt 4 of implementation of this invention, and in drawing, since 5, 17, 18, 20-25 are the same as that of the case of the gestalt 1 of operation, they omit explanation. the 1- by which parallel connection of the 1st - the 8th switching element, and 38-45 was carried out for 30-37 to the 1st - the 8th switching element -- it is the 8th flywheel diode and 2 circuitry of the full bridge inverter is carried out by these. Namely, while connecting the anode plate side of the 2nd, 4th, 6th, and 8th flywheel diode 39, 41, 43, and 45, respectively the cathode side of the 1st, 3rd, 5th, and 7th flywheel diode 38, 40, 42, and 44 The anode plate side of the 1st, 3rd, 5th, and 7th flywheel diode 38, 40, 42, and 44 is collectively connected to the anode plate of DC power supply 5. The cathode side of the 2nd, 4th, 6th, and 8th flywheel diode 39, 41, 43, and 45 is collectively connected to the cathode of DC power supply 5. The primary coil 82 of the 1st transformer 20 was connected with the 1st between both cathode the 3rd flywheel diode 38 and 40 sides, and the primary coil 83 of the 2nd transformer 21 is connected with the 5th between both cathode the 7th flywheel diode 42 and 44 sides.

[0039] 46-48 are the 1st as a switching element with rectification capacity - the 4th thyristor. While antiparallel connection of the 1st and 3rd thyristor 46 and 48 is carried out, it constitutes the 1st rectifier and is connected to the secondary coil 72 of the 1st transformer 20 Antiparallel connection of the 2nd and 4th thyristor 47 and 49 is carried out, it constitutes the 2nd rectifier, and is connected to the secondary coil 73 of the 2nd transformer 21. And these output sides are arranged in parallel, and are connected to load resistance 18.

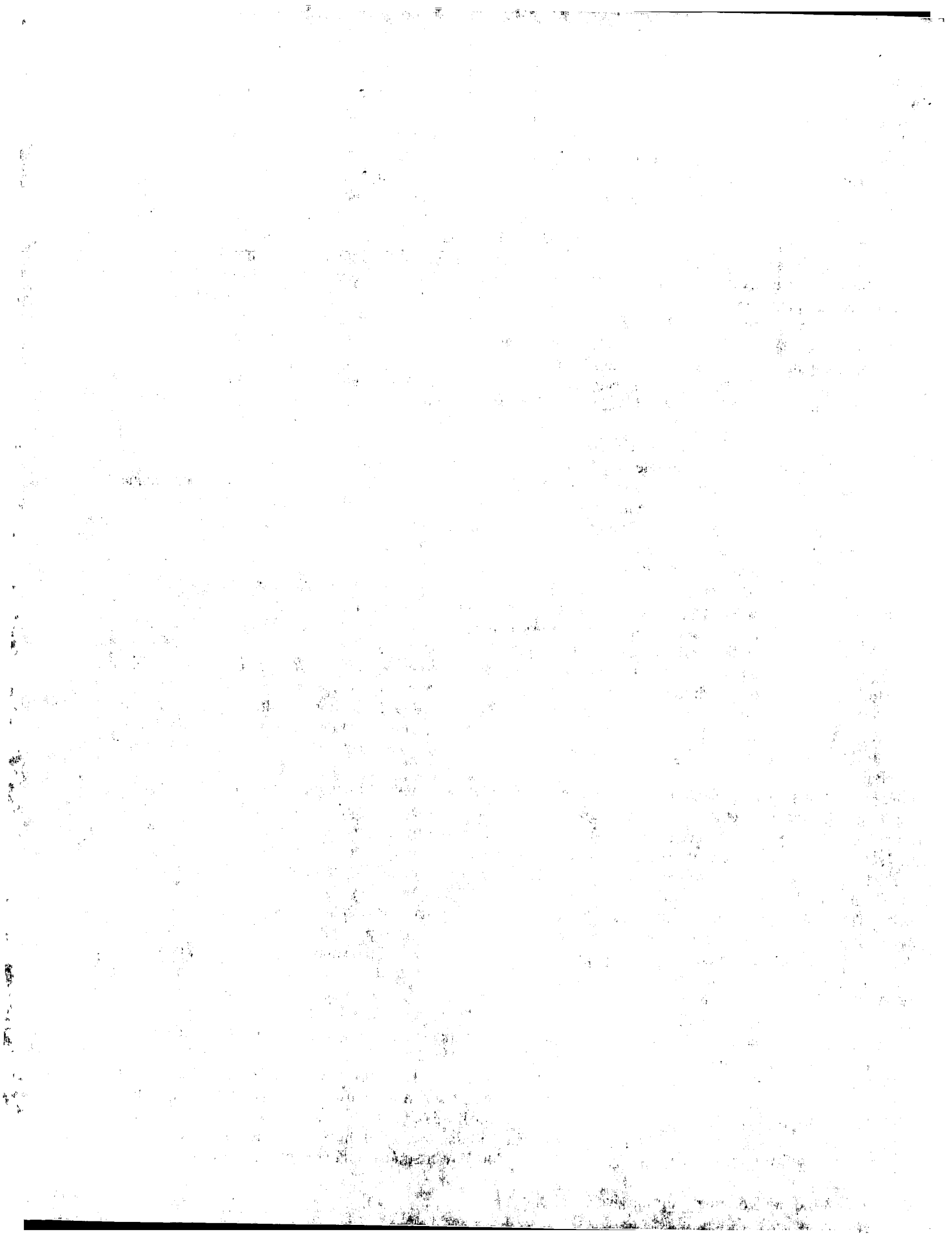
[0040] Actuation is explained. First, if the 1st and 4th switching element 30 and 33 is turned on and turns ON the 1st thyristor 46 synchronizing with this, as shown in drawing 25, a current will flow, and energy will be stored in the direct-current inductance 17. If the 4th switching element 33 is turned OFF, as shown in drawing 26, the discharge from the direct-current inductance 17 will start. Next, if the 5th switching element 34 becomes and turns ON the 2nd thyristor 47 with ON synchronously, both the currents that were flowing to the secondary will be bisected a primary side like drawing 27.

[0041] If the 1st switching element 30 is turned off, the current which was flowing to the secondary will flow to the 2nd transformer 21 side altogether a primary side, as the continuous-line arrow head of drawing 28 shows. At this time, it discharges, as the excitation energy of the 1st transformer 20 shows by the broken-line arrow head, and the turn-off of the 1st thyristor 46 is carried out. If the 1st thyristor 46 turns off, the excitation energy of the 1st transformer 20 will be revived by DC power supply 5 like the broken-line arrow head of drawing 29, and the 1st transformer 20 will return to the original condition.

[0042] The above is a part for a half period of operation, it operates also to another side (actuation which impresses an electrical potential difference to the 2nd transformer 21 from DC power supply 5 through the 5th and 8th switching element 42 and 45, and actuation following this), and transfer of power of the square Mukaide force can be performed to load resistance 18 by repeating this.

[0043] Next, the actuation which performs transfer of power of the negative direction is explained. First, if the 2nd and 3rd switching element 31 and 32 becomes and turns ON the 3rd thyristor 48 with ON synchronously, a current will flow like drawing 30 and energy will be stored in the direct-current inductance 17. If the 2nd switching element 31 is turned OFF, the discharge from the direct-current inductance 17 will start like drawing 31. Next, if the 7th switching element 36 becomes and turns ON the 4th thyristor 49 with ON synchronously, a current will be bisected like drawing 32.

[0044] If the 3rd switching element 32 is turned off, the current which was flowing to the primary secondary will flow to the 2nd transformer 21 side like the continuous-line arrow head of drawing 33. The excitation energy of the 1st transformer 20 discharges like a broken-line arrow head, and the turn-off of the 3rd thyristor 48 is carried out. Then, the excitation energy of the 1st transformer 20 is revived by DC power supply 5 like the broken-line arrow head of drawing



34, and the 1st transformer 20 returns to the original condition. The above is a part for a half period of operation, it operates also to another side and transfer of power of the negative direction output can be performed to load resistance 18 by repeating this.

[0045] furthermore, both positive/negative as shown in drawing 35 by repeating by turns the actuation explained not only in one of forward or negative transfer of power but in the paragraphs 0038-0042, and the actuation explained in paragraphs 0043 and 0044 by desired time amount -- transfer of power of the Mukaide force can be performed. Such an output especially is very effective to bright plating and PR plating used for electrolytic degreasing, exfoliation, etc. In addition, also in the gestalt of this operation, it has the effectiveness same with having explained to paragraphs 0025-0027.

[0046] Gestalt 5. drawing 36 of operation is the circuit diagram showing the gestalt 5 of implementation of this invention, and in drawing, since 5, 13-18, and 20-25 are the same as that of the case of the gestalt 1 of operation, they omit explanation. It is the 6th flywheel diode. 50-53 -- the 1st - the 4th switching element, and 54, 55, 58, 59, 56 and 60 -- the 1- The anode plate of the 1st and 3rd flywheel diode 54 and 58 at the end of the 1st and 3rd switching element 50 and 52 Node B It connects by D and the cathode of the 2nd and 4th flywheel diode 55 and 59 is connected to the end of the 2nd and 4th switching element 51 and 53 in Nodes C and E. And while the other end of the 1st and 3rd switching element 50 and 52 and the cathode of the 2nd and 4th flywheel 55 and 59 bundle up in Node A and are connected to the anode plate of DC power supply 5, the other end of the 2nd and 4th switching element 51 and 53 and the cathode of the 1st and 3rd flywheel diode 54 and 58 bundle up in Node F, and are connected to the cathode of DC power supply 5.

[0047] 62 and 63 are the 1st and 2nd reactor, and while the 1st primary coil 82 and 1st reactor 62 of a transformer 20 are connected to a serial during Nodes B and C, the 2nd primary coil 83 and 2nd reactor 63 of a transformer 21 are connected to the serial during Nodes D and E. The diode for large power is used for the 5th and 6th flywheel diode 56 and 60, the 5th flywheel diode 56 is connected between the node of the primary coil 82 of the 1st transformer 20, and the 1st reactor 62, and Node A, and the 6th flywheel diode 60 is connected between the node of the primary coil 83 of the 2nd transformer 21, and the 2nd reactor 63, and Node A.

[0048] 64 and 66 are the capacitors for snubber circuits and resistance to the 5th flywheel diode 56, and diode 57 is connected between a mutual node and the cathode of the 5th flywheel diode 56. 65 and 67 are the capacitors for snubber circuits and resistance to the 6th flywheel diode 60, and diode 61 is connected between a mutual node and the cathode of the 6th flywheel diode 60.

[0049] Actuation is explained. First, the 1st and 2nd switching element is turned on, and a current flows like drawing 36. Next, if these two switching elements are turned off, a current will flow like drawing 37 and the energy of the direct-current reactance 17 of a secondary will be revived by DC power supply 5 through the 1st and 2nd flywheel diode 54 and 55. Since it passes along the 1st reactor 62 by the primary side at this time, flowing current inclination di/dt of a current is controlled and, for this reason, current inclination di/dt of a secondary is also controlled.

[0050] If the 3rd switching element 52 is turned on, like the continuous-line arrow head of drawing 38, it will commutate to the 2nd transformer 21 side by the secondary, and a current will flow via the 6th flywheel diode 60 by the primary side. Since the excitation energy of the 1st transformer 20 discharges in the path of a broken-line arrow head with it and it passes along the 1st reactor 62 by the primary side, current inclination di/dt is controlled like **** and di/dt of the current for secondary conversion of the excitation energy impressed to the 1st diode 13 for rectification to hard flow is also controlled. for this reason, the hard flow recovery charge Q_{rr} of the 1st diode 13 for rectification -- small -- becoming -- getting it blocked -- a reverse current I_{rr} and the backward recovery time t_{rr} become small. Consequently, hard flow loss (switching loss) becomes small, and the power loss produced in the snubber circuit 15 connected to juxtaposition also becomes small.

[0051] Next, if the 4th switching element 53 is turned on, power will be transmitted like the continuous-line arrow head of drawing 39. Although a current flows like the broken-line arrow head of drawing 39 until this carrier disappears since a current flows like a continuous-line arrow head by drawing 38 to the 6th flywheel diode 60 and the carrier is accumulated Since it passes along the 2nd reactor 63, di/dt of this reverse current is controlled, therefore like the explanation about the 1st above-mentioned diode 13 for rectification, the hard flow recovery charge Q_{rr} is small, namely, hard flow loss (switching loss) has it. [small] If the are recording carrier of the 6th flywheel diode 60 disappears and this is turned off, the energy stored in the capacitor 65 for snubbers will discharge via diode 61 like the broken-line arrow head of drawing 40. Completion of discharge of the capacitor 65 for snubbers transmits power like drawing 41.

[0052] Next, if the 3rd and 4th switching element 52 and 53 is turned off to coincidence, the energy of the direct-current inductance 17 will be revived by DC power supply 5 like drawing 42. Since the current at this time also goes via the 2nd reactor 63, di/dt is controlled and di/dt of a current which flows to the 2nd diode 14 for rectification of a secondary

is also controlled.

[0053] If the 1st switching element 50 is turned on, the current which the discharge root of the direct-current inductance 17 commutated to the 1st transformer 20 side by the secondary, and went via the 5th flywheel diode 56 by the primary side like the continuous-line arrow head of drawing 43 will flow. The excitation energy of the 2nd transformer 21 discharges in the path of a broken-line arrow head with it. Since it passes along the 2nd reactor 63 by the primary side, current inclination di/dt is controlled. di/dt of the current for secondary conversion of the excitation energy impressed to the 2nd diode 14 for rectification to hard flow is also controlled, the hard flow recovery charge Q_{rr} becomes small, therefore hard flow loss becomes small, it combines and the power loss produced in a snubber circuit 16 also becomes small.

[0054] Then, since a current flows like the continuous-line arrow head of drawing 44, and it goes via the 1st reactor 62 according to the carrier storage effect to it like [diode / flywheel / previous / 6th / 60] explanation although a current flows like a broken-line arrow head to the 5th flywheel diode 56 if the 2nd switching element 51 is turned on, di/dt of this current is controlled, and the hard flow power loss of the 5th flywheel diode 56 becomes small. If the 5th flywheel diode 56 is turned off, the energy currently stored in the capacitor 64 for snubbers will discharge via diode 57 like the broken-line arrow head of drawing 45. If this discharge is completed, it will return to drawing 36 and power will be transmitted. Direct current power is transmitted by repeating the above actuation. In addition, to the circuit of the gestalt 4 of operation, the 1st and 2nd reactor 62 and 63 may be formed in the primary coils 82 and 83 like the gestalt of this operation at a serial, and there is same effectiveness.

[0055] gestalt 6. of operation -- the gestalt 6 of this operation is made into the circuitry which replaced with what showed the secondary to the gestalt 4 of operation, namely, replaced rectifier diode with the thyristor reverse-arranged in parallel in the circuitry of the gestalt 5 of operation. Fundamental actuation is the same as that of the gestalt 4 of operation. Although the flow of a current starts near the gate and the thyristor extends flow area gradually first when igniting (ON), the ON state current concentrates on the part of the cathode side which approached the gate electrode as the standup of the ON state current which flows immediately after a turn-on is steep, current density and power flux density become excessive, and there is a possibility that the temperature of the part may rise too much.

[0056] Moreover, a thyristor is in an order inhibition (off) condition, and when a steep electrical potential difference is impressed between anode plate-cathode, it has the property turned on below with static breakover voltage. Moreover, if the temperature of a thyristor component rises, this breakover voltage will become low. The turn-on by rise-rate-of-critical-off-state-voltage dv/dt has a possibility of destroying a thyristor by malfunction (for example, failure in the commutation accompanying a break through) of a circuit, or forward direction ON state current $R/C di/dt$ just behind a turn-on. Since it was above, RF operation in the rectifier circuit which used the thyristor was made difficult.

[0057] Like the gestalt of this operation, the forward current of a thyristor can control that di/dt with the 1st or 2nd reactor 62 and 63, and $R/C dv/dt$ of ON state voltage can be controlled in the circuit which combined the gestalten 4 and 5 of operation by discharge of the capacitors 64 or 65 of the snubber circuit added to the 5th and 6th flywheel diode 56 and 60. As mentioned above, the output of positive/negative both directions can be performed and the small higher equipment of an operation frequency can be realized.

[0058] gestalt 7. of operation -- the gestalt of this operation -- the gestalt 3 of operation -- setting -- the connecting location of the 1st and 2nd diode 13 and 14 for rectification -- changing -- these -- the secondary coils 72 and 73 of the 1st and 2nd transformer 20 and 21 -- on the way -- making it for it to be alike and connect, drawing 46 is that sectional view. Without spoiling electrical characteristics by carrying out like this, it can be concerned with the location of output terminals 75 and 76, and the 1st and 2nd diode 13 and 14 for rectification can be formed in the location of arbitration that there is nothing. For example, the 1st [which requires a maintenance], and 2nd diode 13 and 14 for rectification can be arranged in a front face, and output terminals 75 and 76 can be arranged at a tooth back. Of course, electrical operation is the same as that of the case of the gestalt 3 of operation.

[0059] Gestalt 8. drawing 47 of operation is the perspective view showing the gestalt 8 of operation, and in the gestalt 7 of operation, when using by making two or more rectifying devices juxtaposition respectively as 1st and 2nd diode for rectification, it is related. Drawing shows only the 1st transformer 20 side. While constituting the 1st diode 13 for rectification from two rectifying devices 68 and 69, it cuts deeply in the direction in which the current of the secondary coil 72 flows, 78 is prepared, and rectifying devices 68 and 69 are connected to each part divided by slitting 78. Slitting 78 is formed in the part order both sides which connect rectifying devices 68 and 69, or one side. The 2nd transformer 21 side is also made the same. By carrying out like this, the bias of the current by dispersion in the property between a rectifying device 68 and 69 etc. is mitigable. Fundamental electrical operation is the same as that of the gestalt 7 of operation. Moreover, any number of numbers of juxtaposition of a rectifying device are good, and choose the number of slitting with the number. In addition, also in the case of the gestalt 3 of operation, the same slitting can be prepared, and

there is the same effectiveness as the above in it.

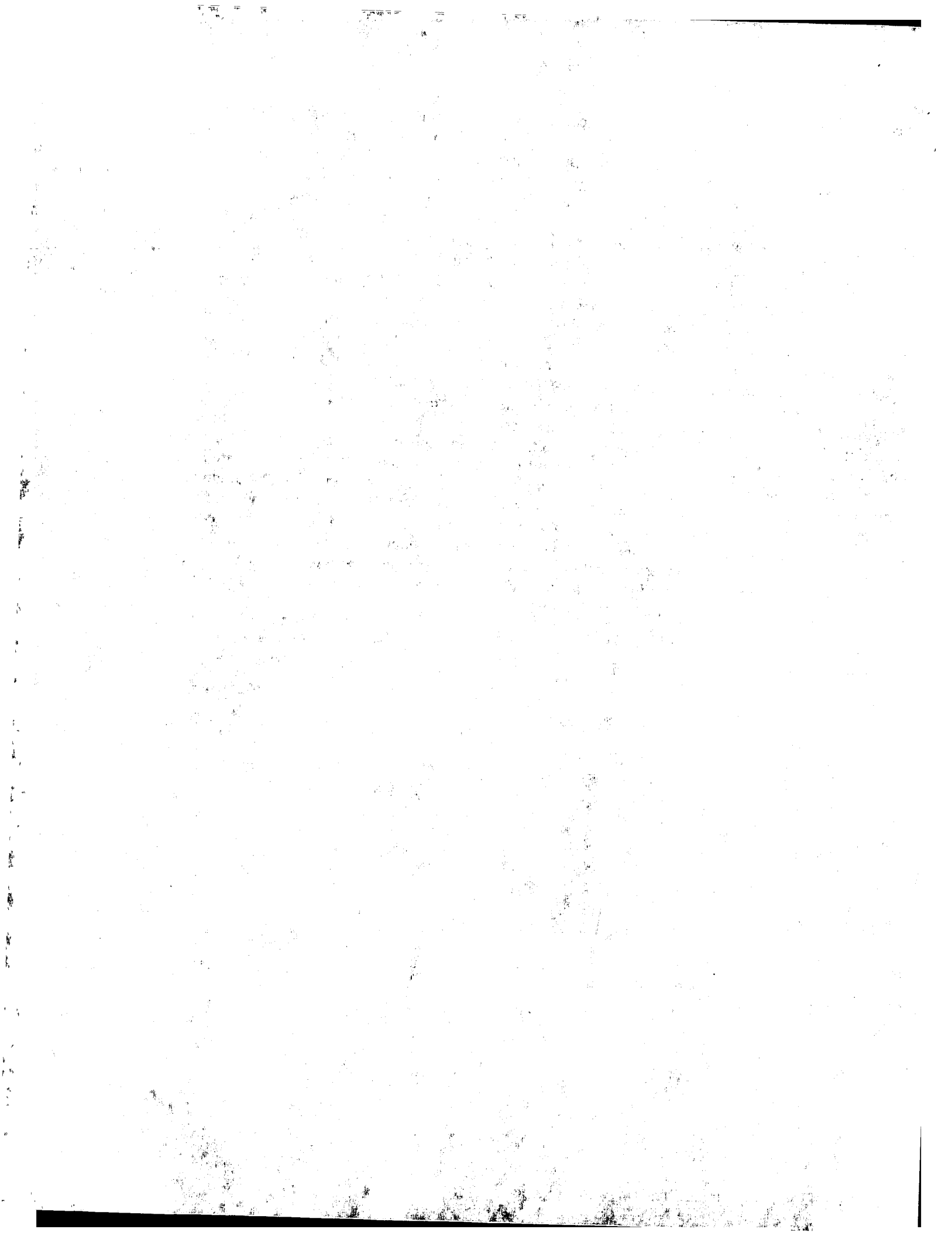
[0060]

[Effect of the Invention] Since this invention is constituted as mentioned above, in order not to impress an active (based on impression of supply voltage) reverse current suddenly from the forward direction current of the rectifier of a secondary, The current of the very big letter of a spike which flows when the switching element generated with conventional equipment changes is not passed. Therefore, the loss produced in a switching element or a rectifier and a noise can be reduced, it is effective also in the cure against electromagnetic wave disorder, and RF operation of equipment is attained. Furthermore, since the surge voltage generated with the current of the letter of a spike and the leakage inductance of a transformer is controlled, a pressure-proof low component can be used, it is small or a snubber circuit can also be lost. Moreover, the whole equipment can be miniaturized from those things.

[0061] Furthermore, di/dt of a current which flows to each part is controlled by putting a reactor into the primary coil of a transformer at a serial. Therefore, since reverse recovery current I_{rr} and reverse recovered charge Q_{rr} become small, reverse recovery loss (switching loss) becomes small, and the noise electrical potential difference ($V_{noise} = L_1 - (di/dt)$) to generate also becomes small. Furthermore, since the switching loss of the inverter section becomes small, RF-izing and a miniaturization can be performed. Moreover, many problems which the forward direction ON state current R/C and the rise rate of critical off-state voltage produce in the rectifier circuit using a low component, for example, a thyristor, can be solved, operation becomes possible by the RF more using such a component, and equipment can be miniaturized. Moreover, the output of positive/negative both directions can be obtained by making reverse juxtaposition a switching element with rectification capacity like a thyristor, and constituting the rectifier of a secondary.

[0062] Moreover, while equipment is miniaturized by constituting an output terminal from an parallel plate, and pulling out an output terminal from the opposed face of the leg of the 1st and 2nd transformer, and arranging the 1st and 2nd rectifier in one with the 1st and 2nd transformer, the impedance of an output transmission line becomes low, the high frequency component of an output decreases, reverse recovery loss decreases, and operation by the RF is attained more. Furthermore, the 1st and 2nd rectifier can be arranged in the location of arbitration by connecting the 1st and 2nd rectifier in the middle of the 1st and 2nd transformer coil. Furthermore, the bias of the current by dispersion between rectifying devices is mitigable by putting slitting into the secondary coil of the 1st and 2nd transformer, and connecting a rectifying device to each part divided by this slitting.

[Translation done.]



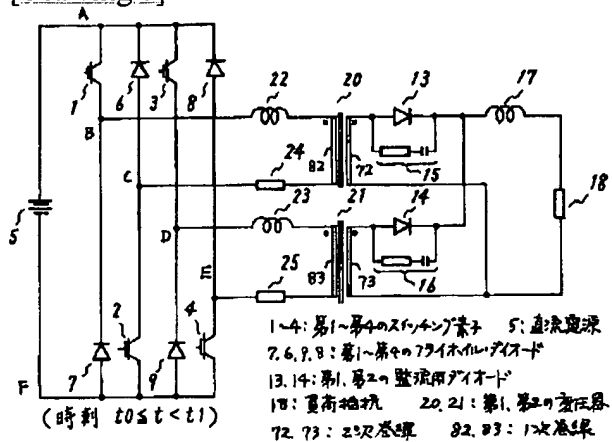
* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

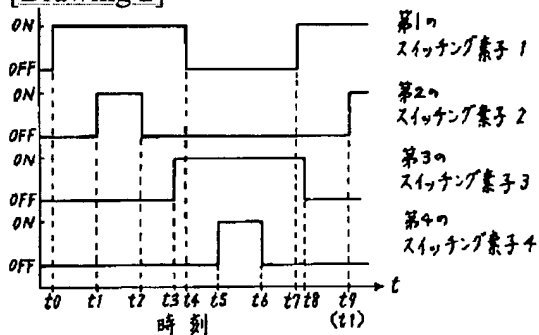
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

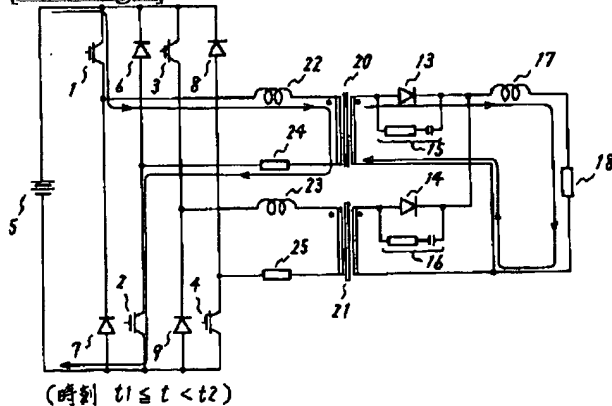
[Drawing 1]



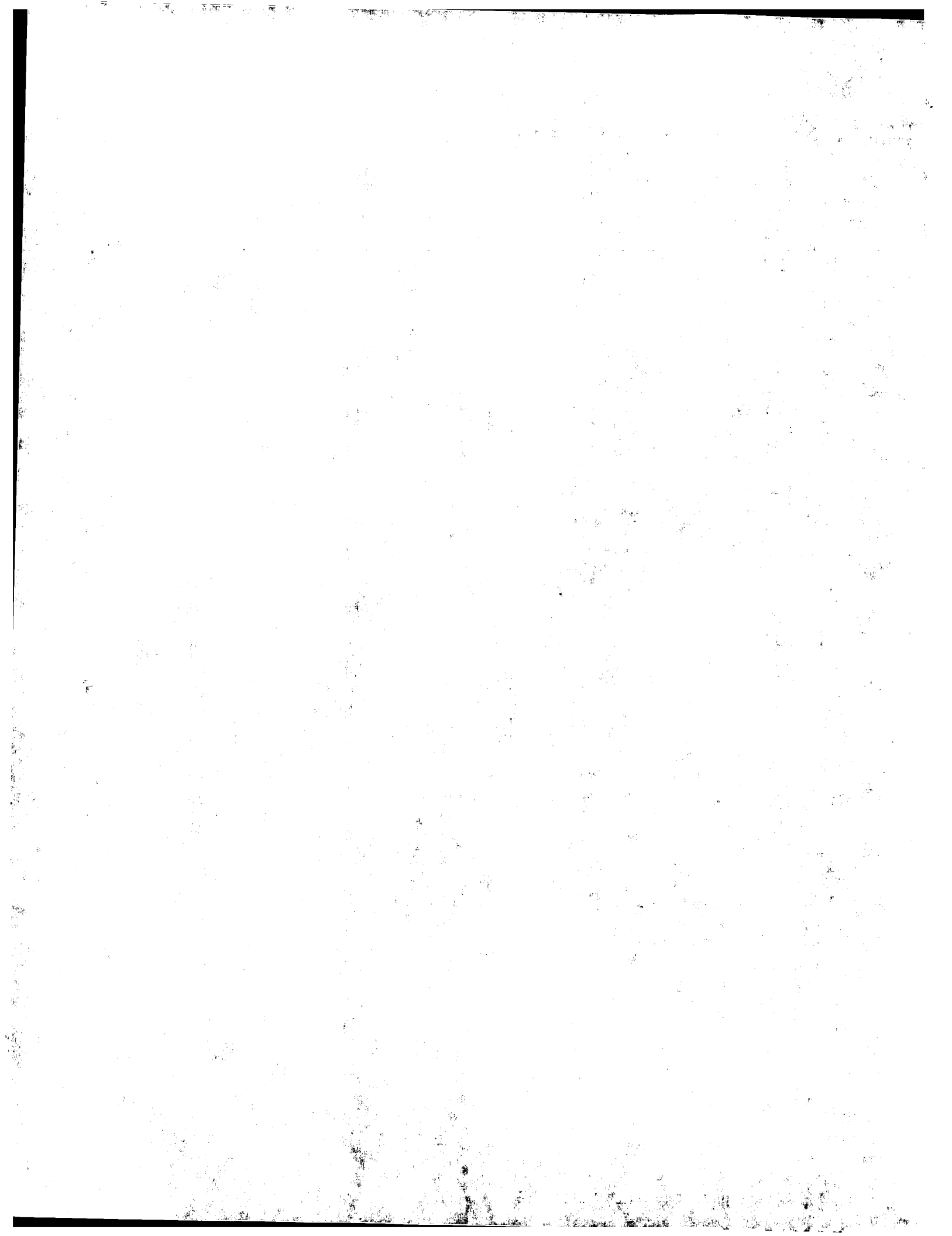
[Drawing 2]

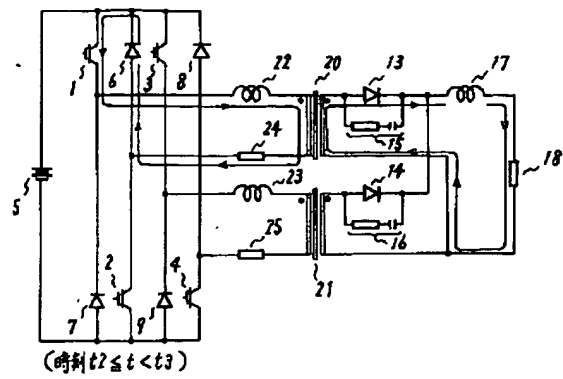


[Drawing 3]

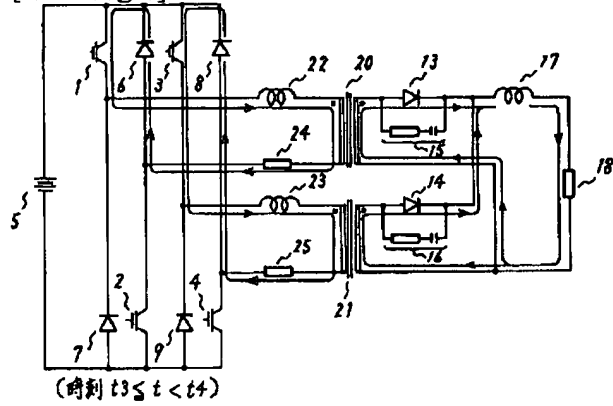


[Drawing 4]

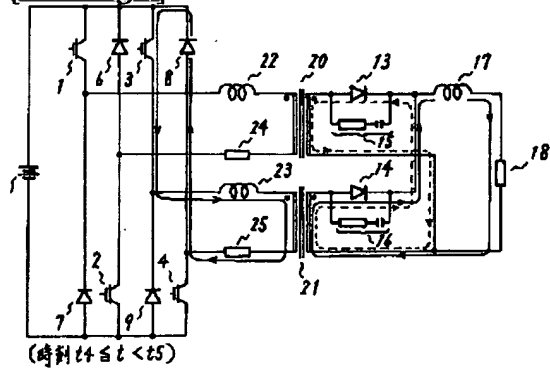




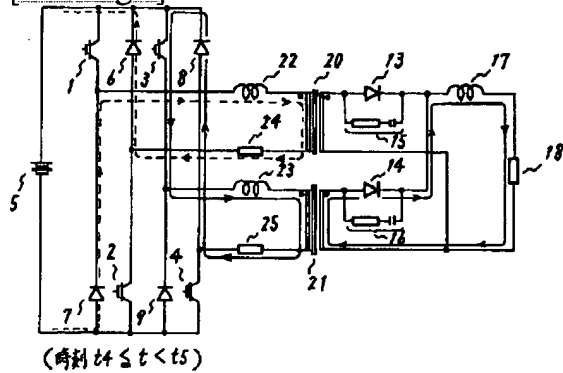
[Drawing 5]



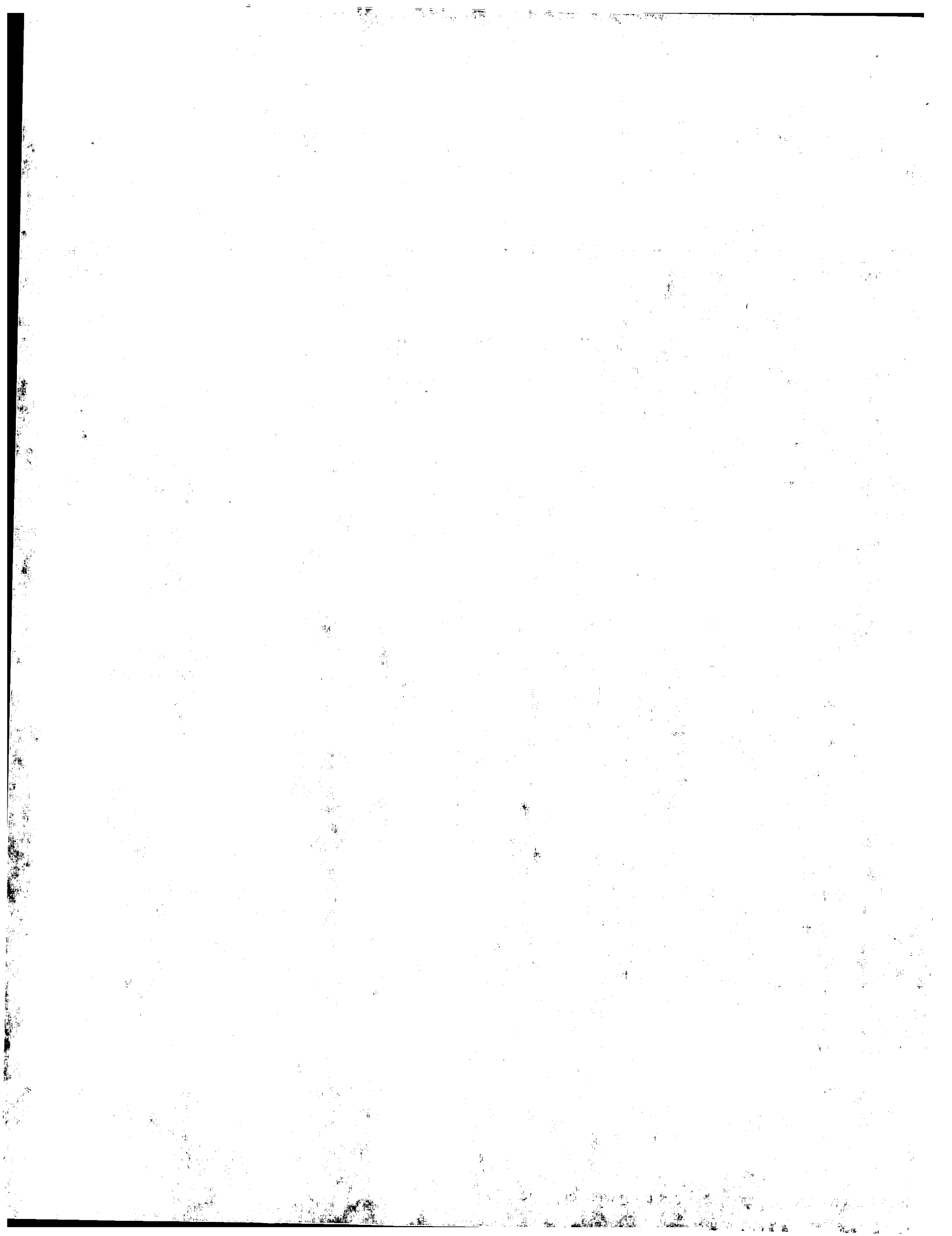
[Drawing 6]

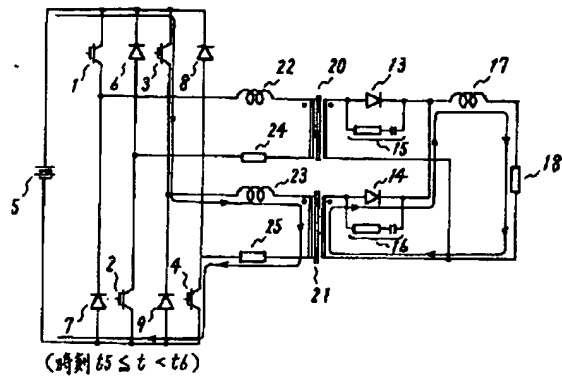


[Drawing 7]

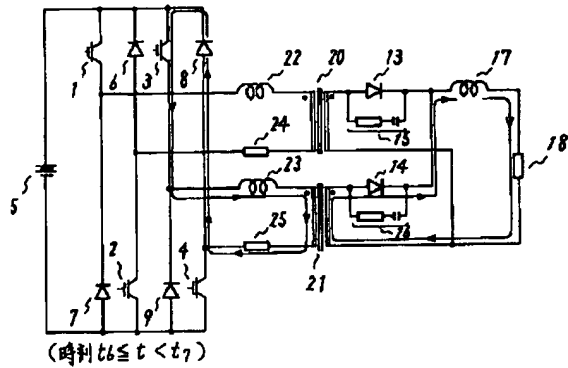


[Drawing 8]

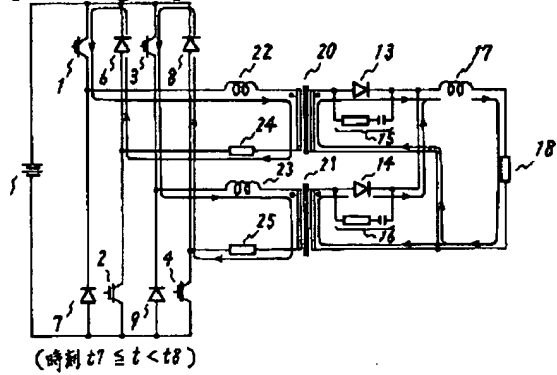




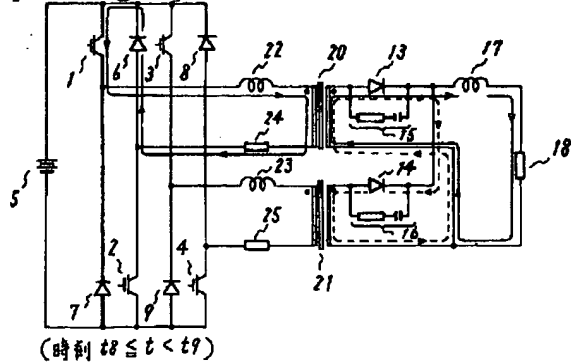
[Drawing 9]



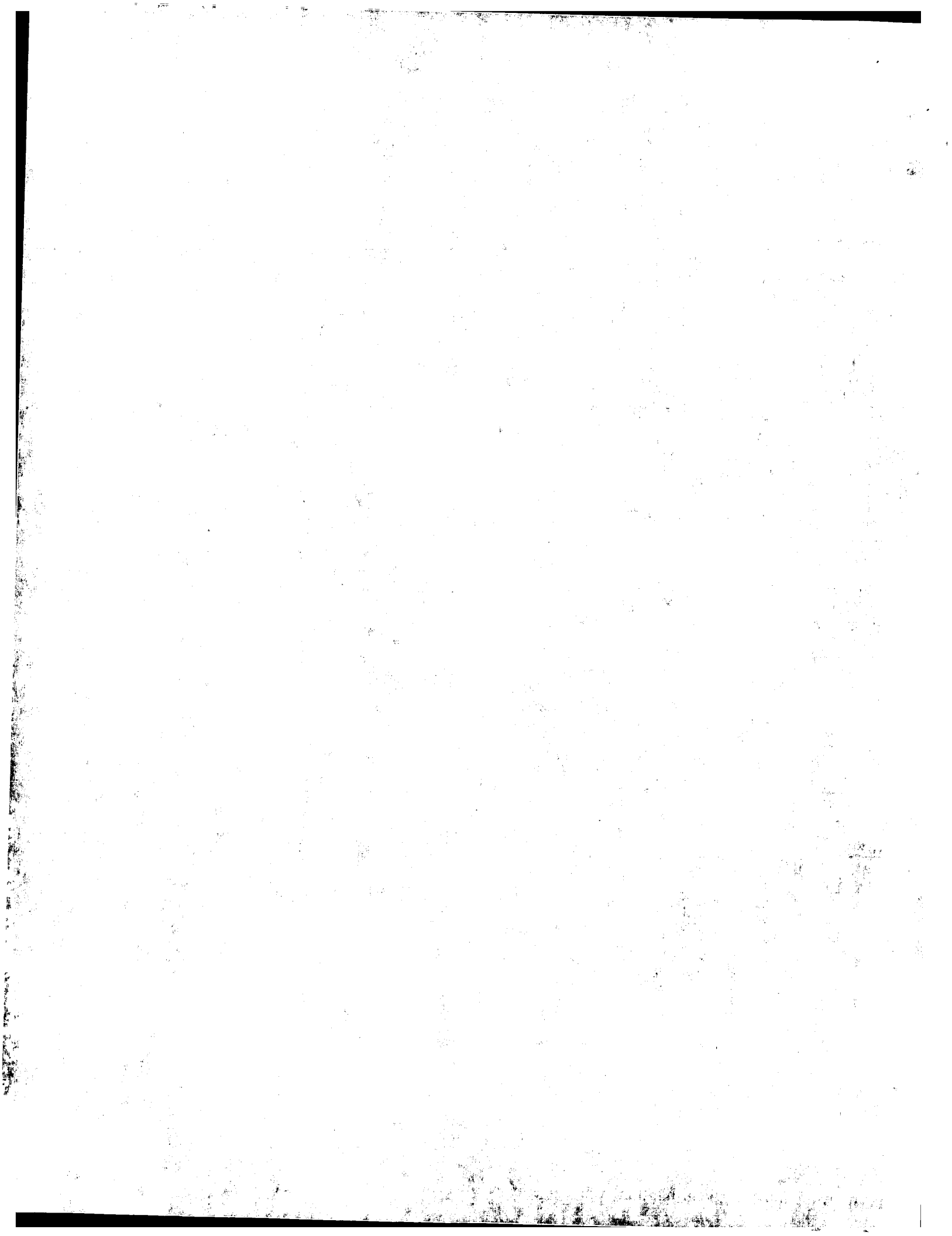
[Drawing 10]

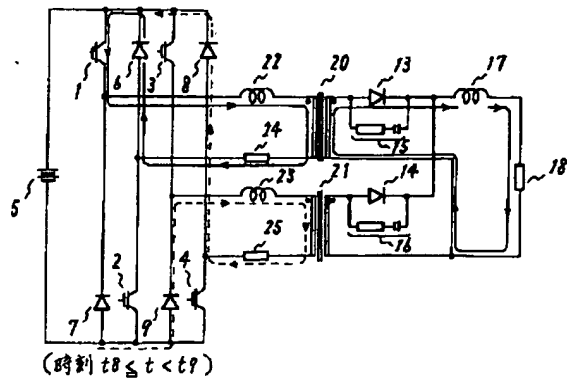


[Drawing 11]

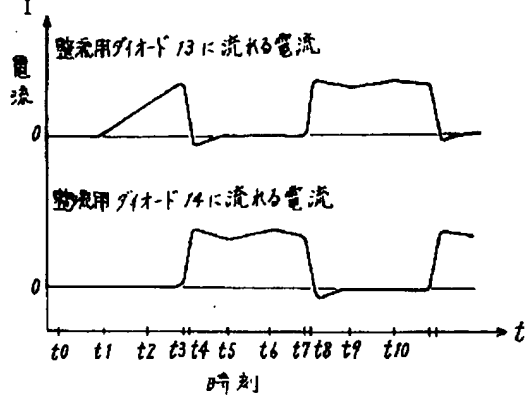


[Drawing 12]

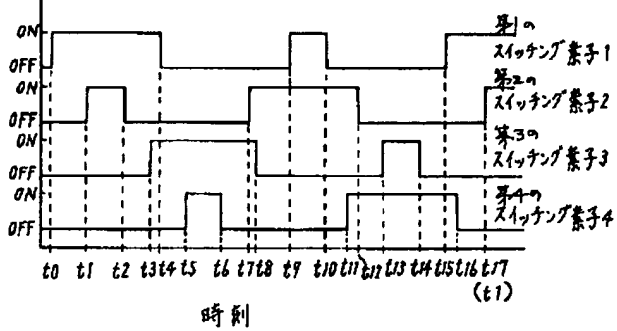




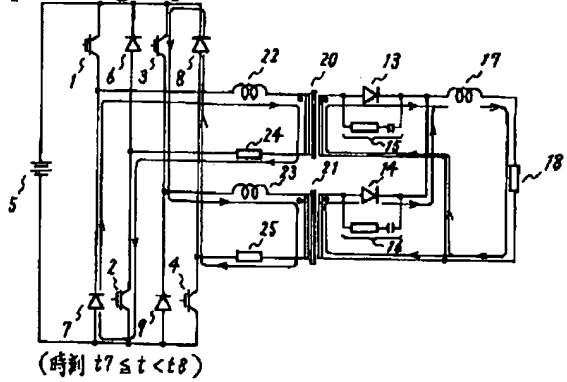
[Drawing 13]



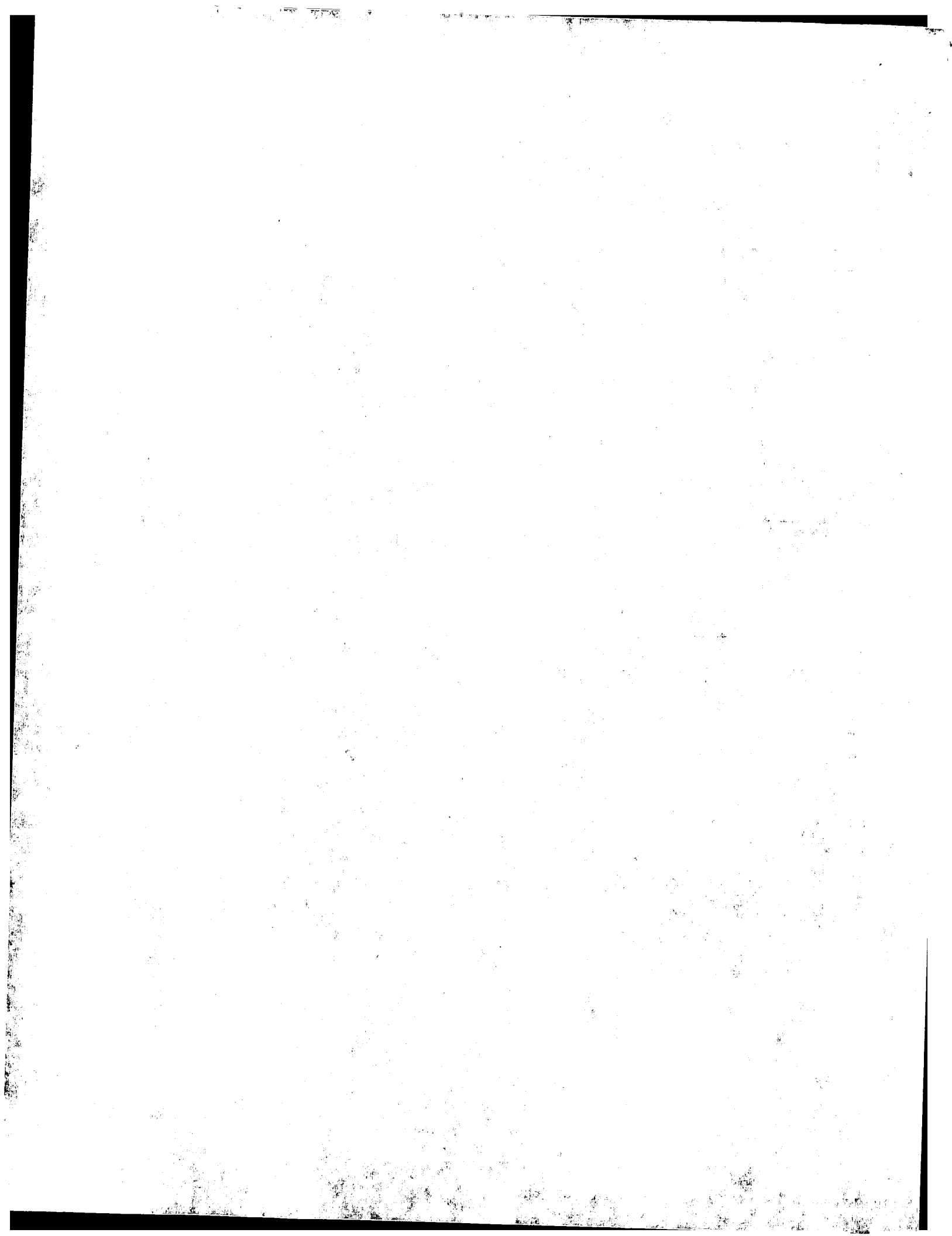
[Drawing 14]

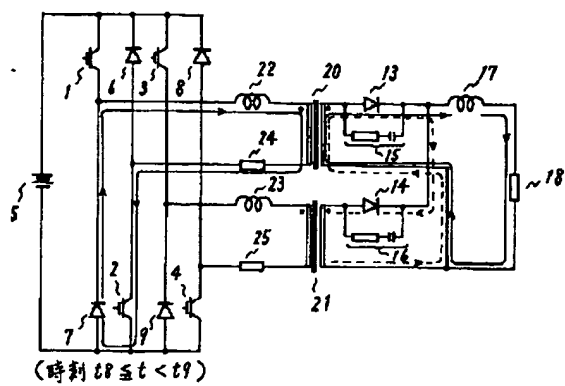


[Drawing 15]

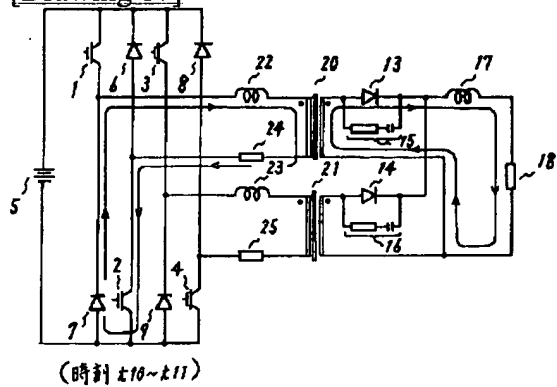


[Drawing 16]

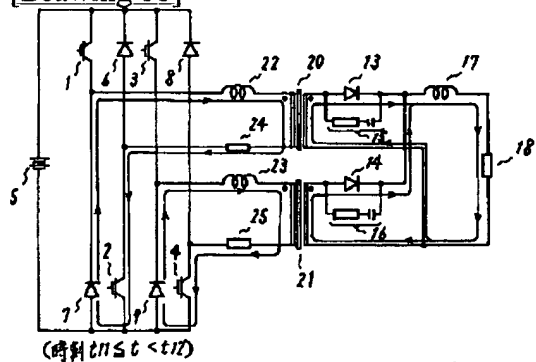




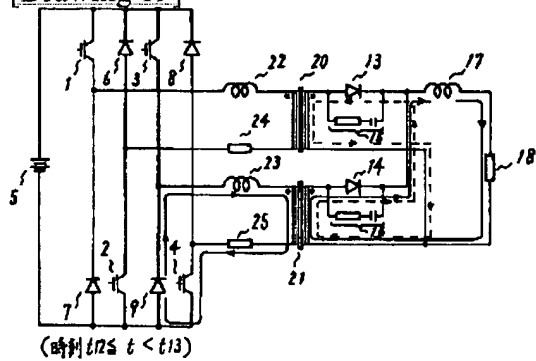
[Drawing 17]



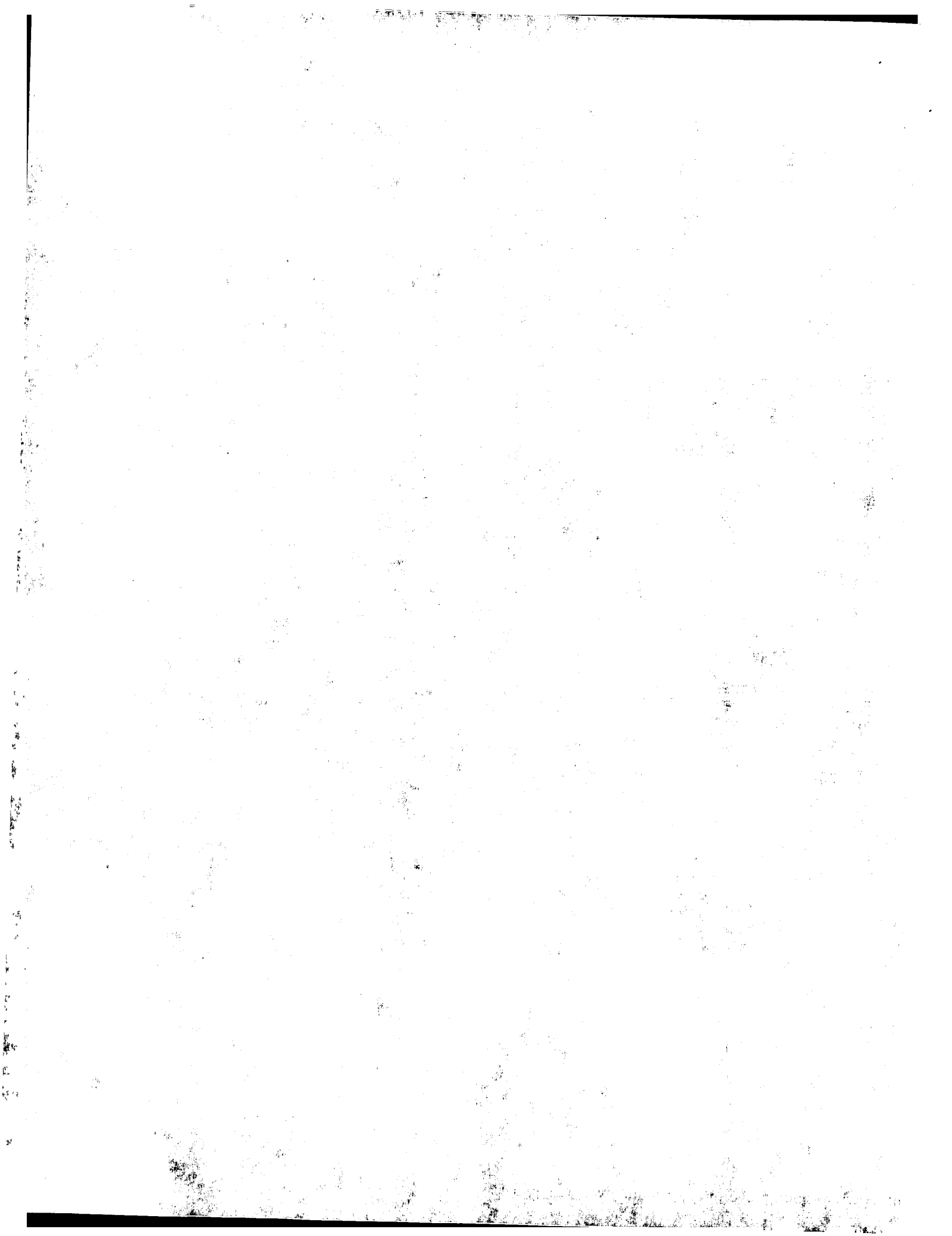
[Drawing 18]

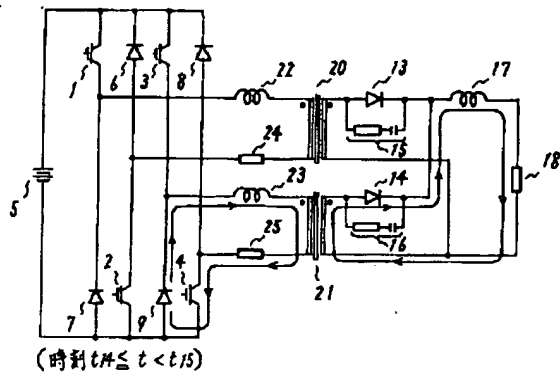


[Drawing 19]

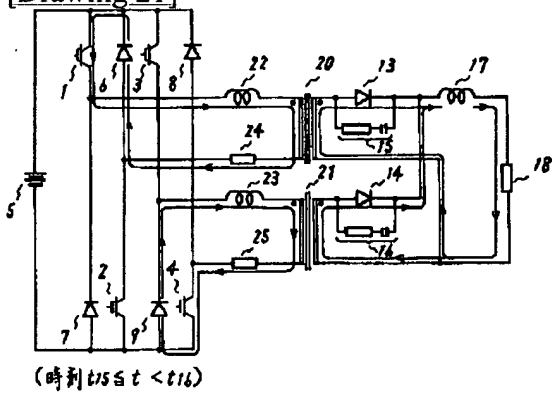


[Drawing 20]

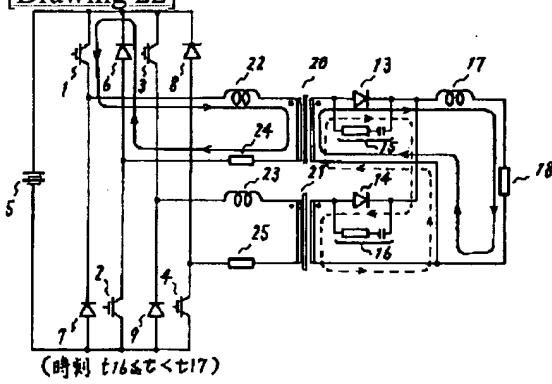




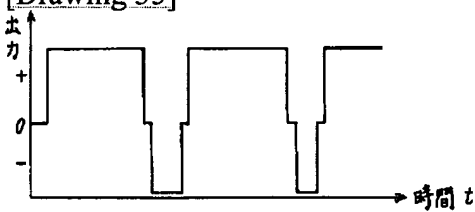
[Drawing 21]



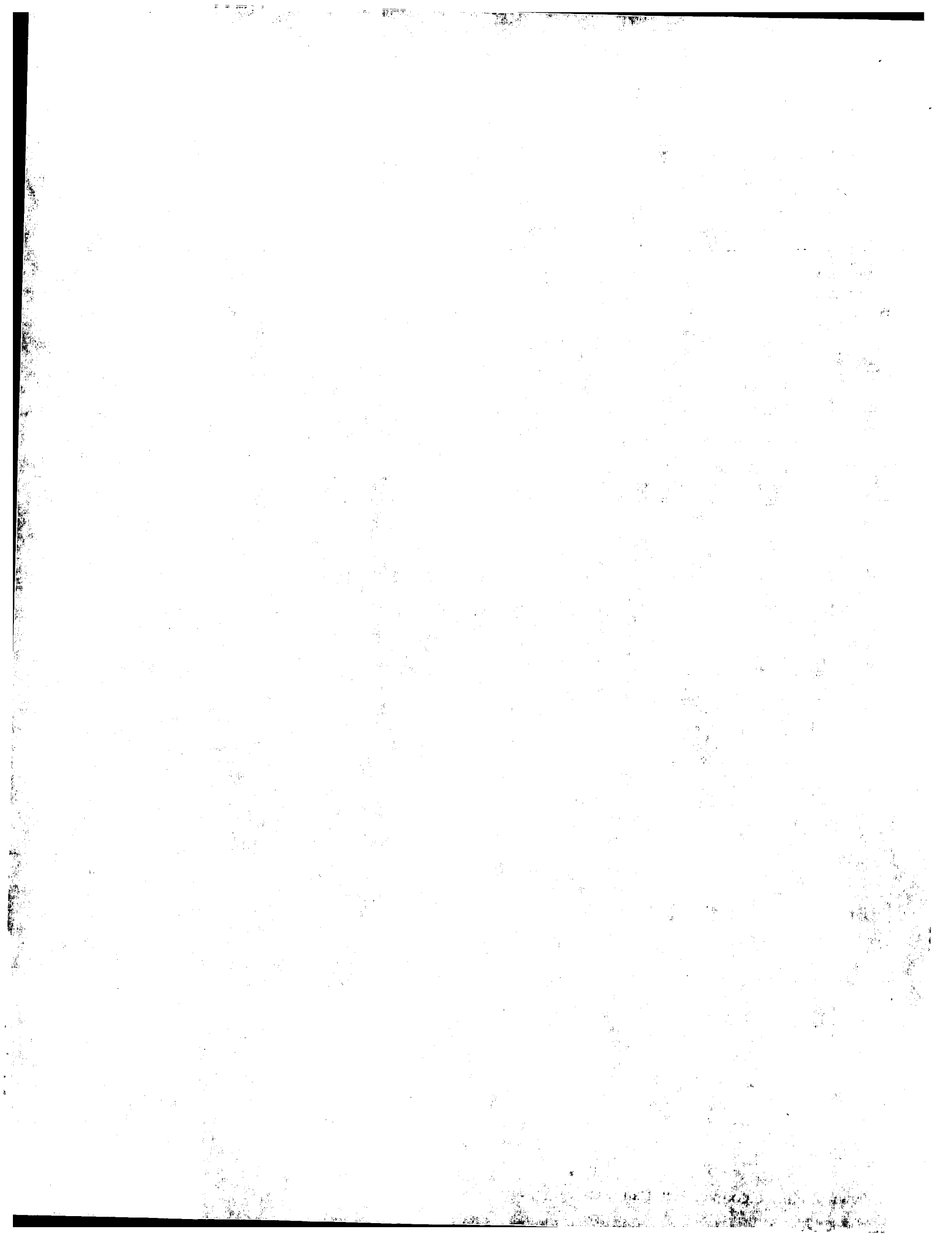
[Drawing 22]

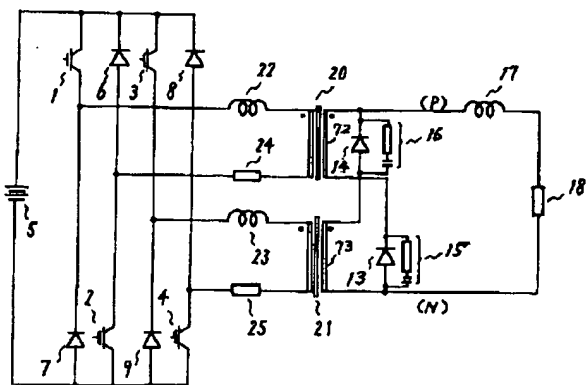


[Drawing 35]

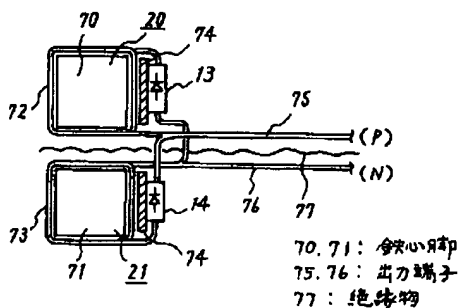


[Drawing 23]

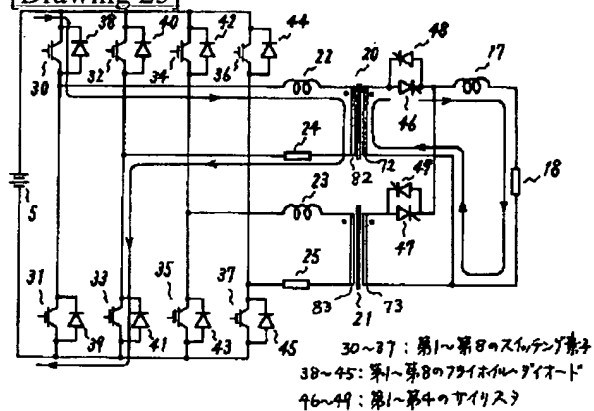




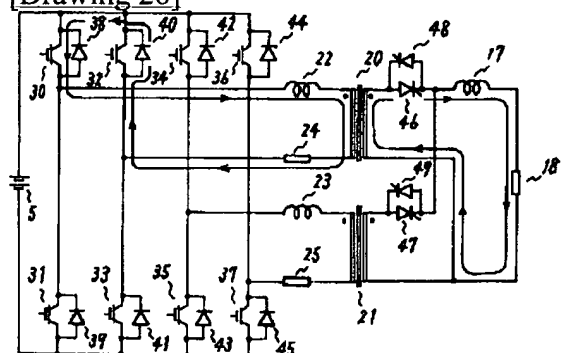
[Drawing 24]



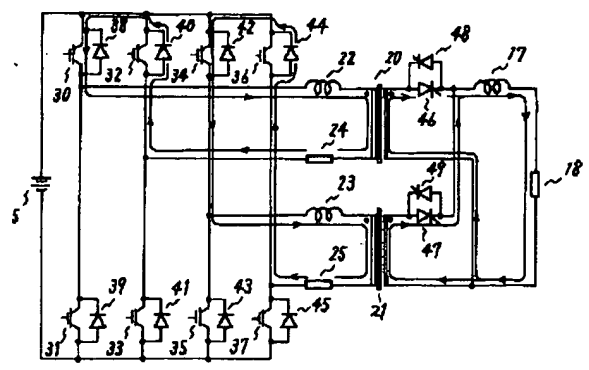
[Drawing 25]



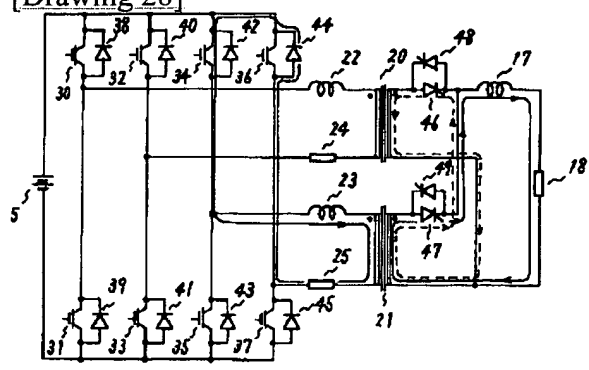
[Drawing 26]



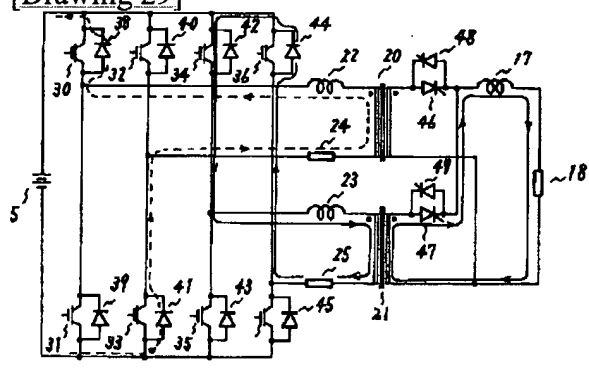
[Drawing 27]



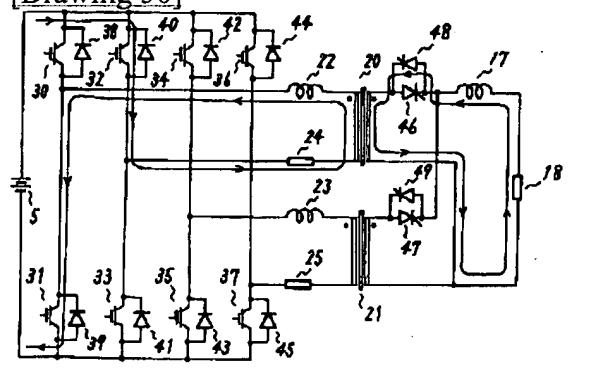
[Drawing 28]



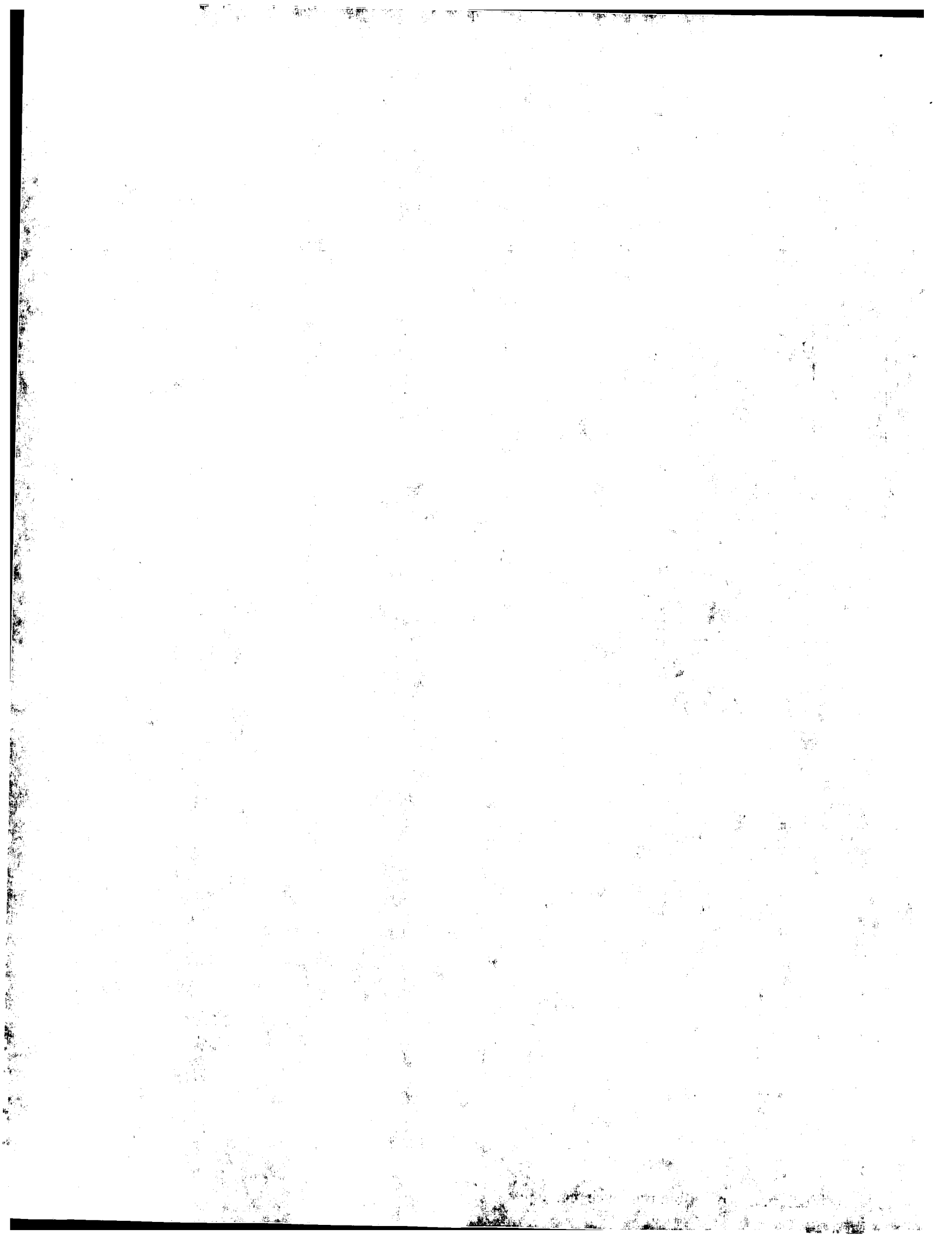
[Drawing 29]

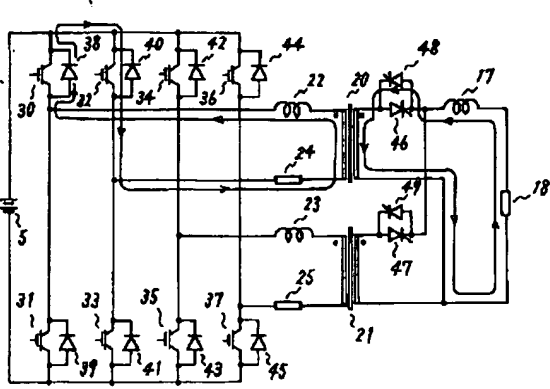


[Drawing 30]

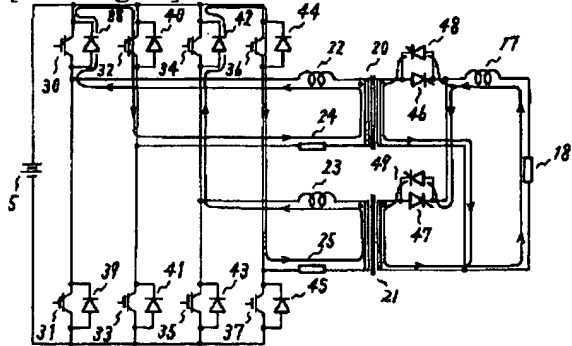


[Drawing 31]

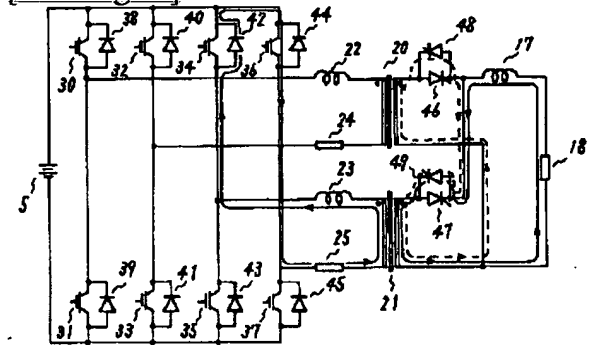




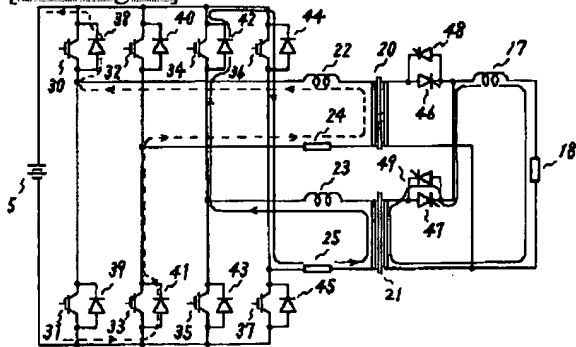
[Drawing 32]



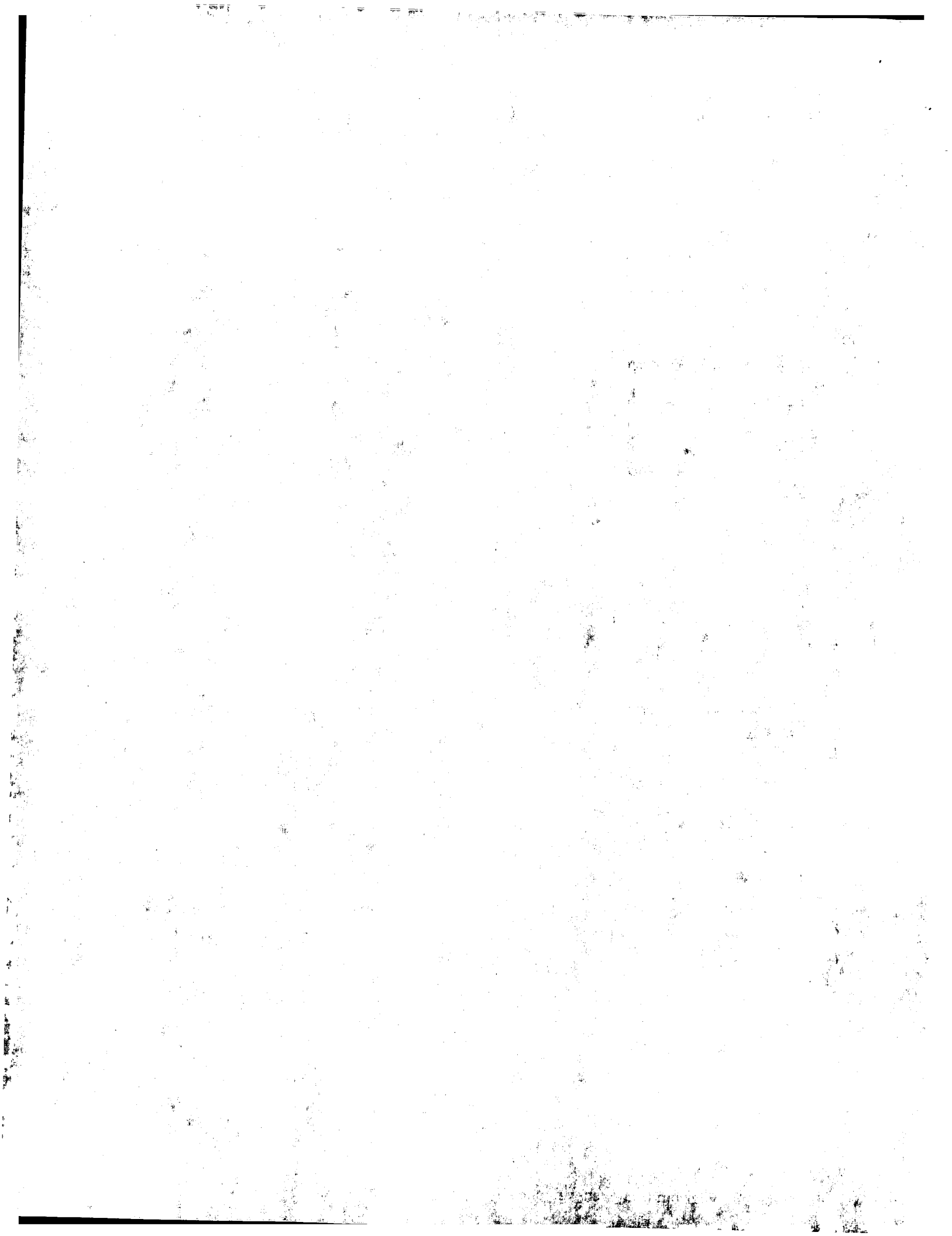
[Drawing 33]

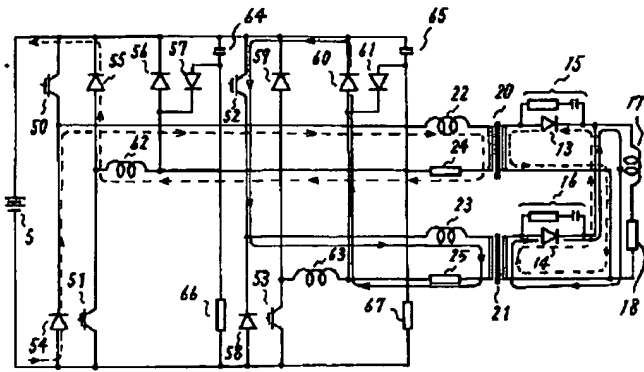


[Drawing 34]

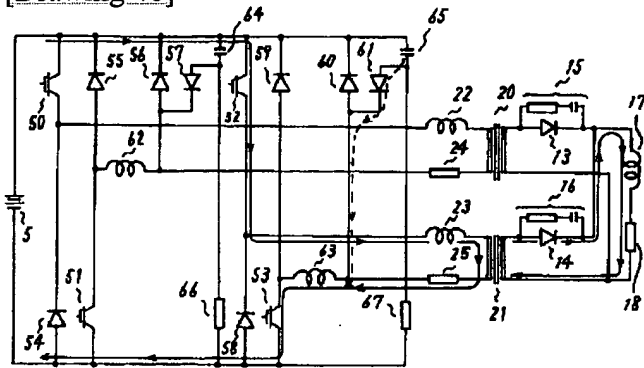


[Drawing 38]

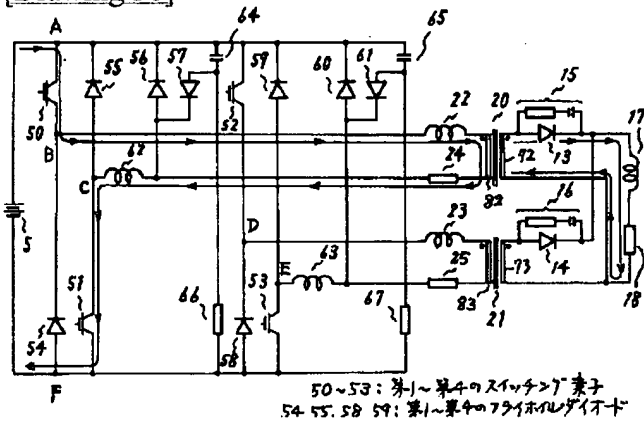




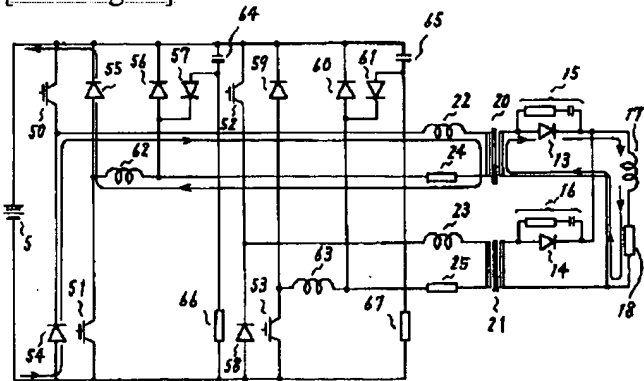
[Drawing 40]



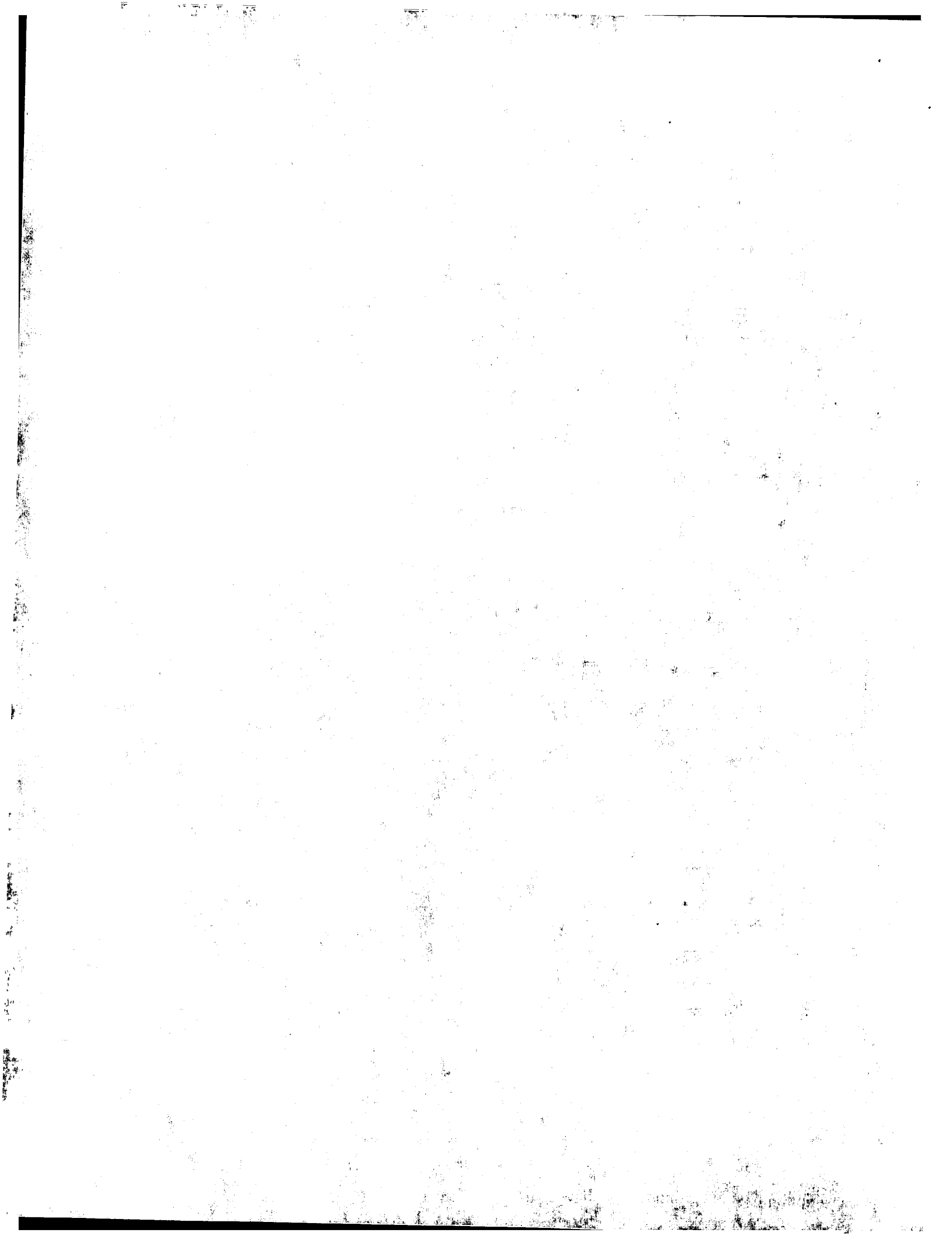
[Drawing 36]

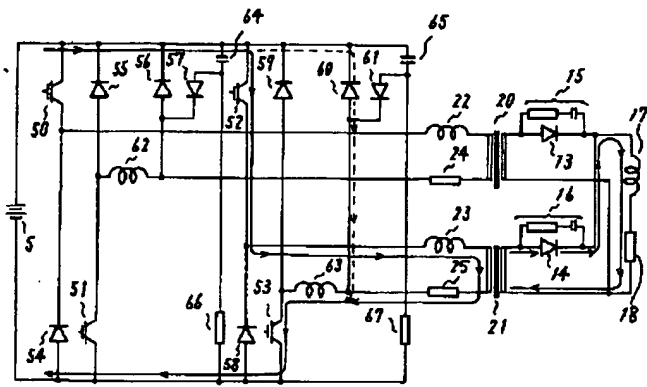


[Drawing 37]

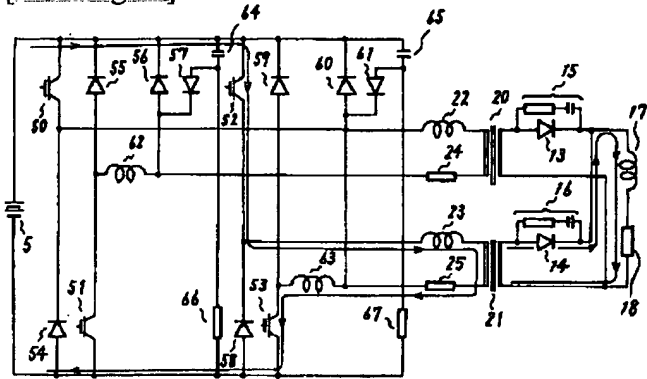


[Drawing 39]

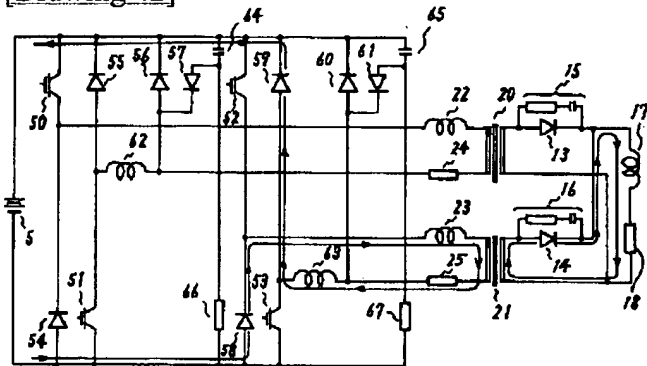




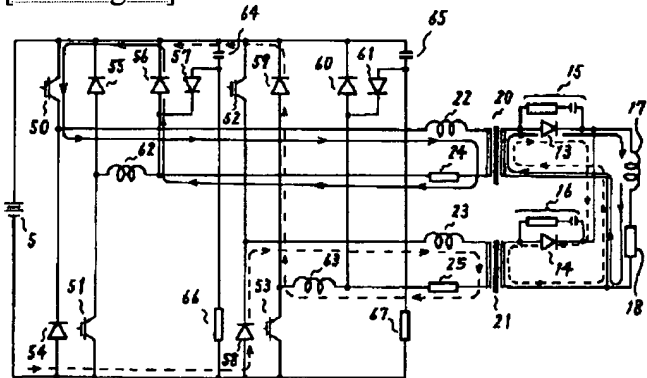
[Drawing 41]



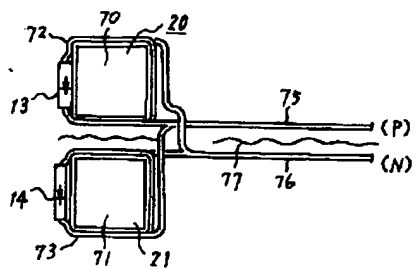
[Drawing 42]



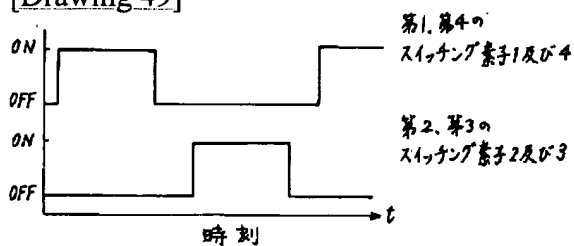
[Drawing 43]



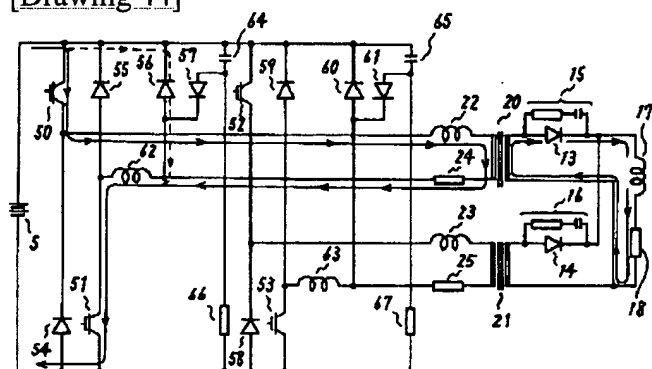
[Drawing 46]



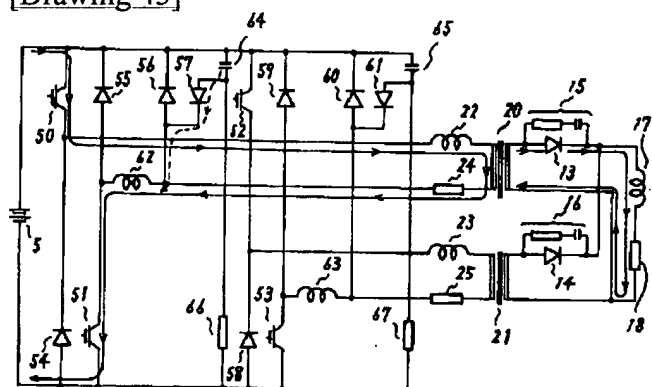
[Drawing 49]



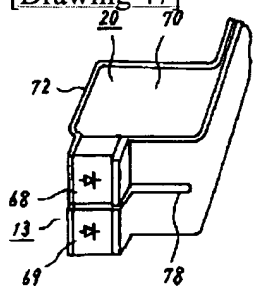
[Drawing 44]



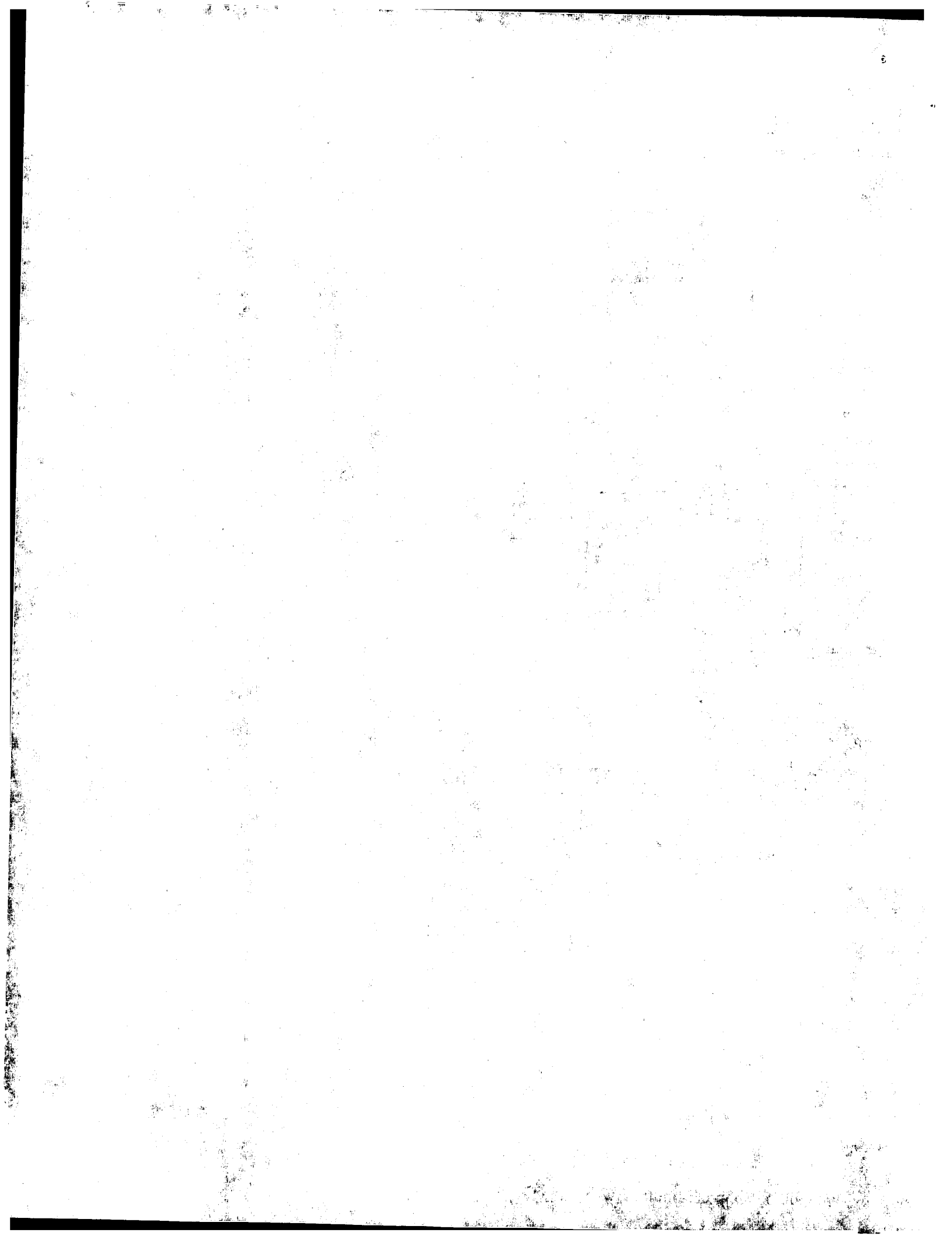
[Drawing 45]

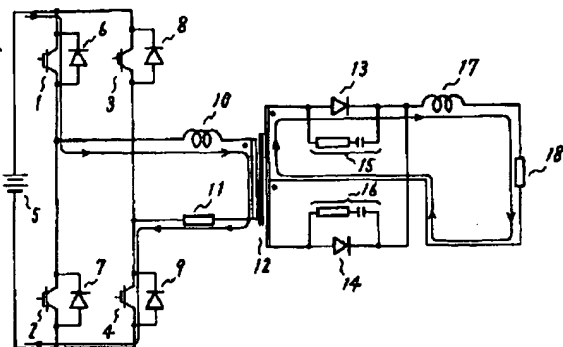


[Drawing 47]

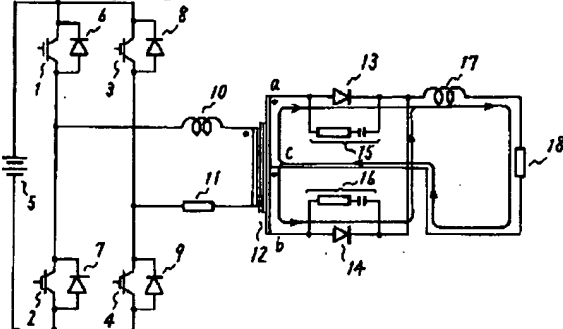


[Drawing 48]

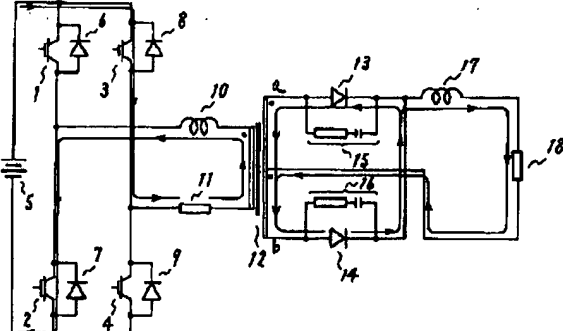




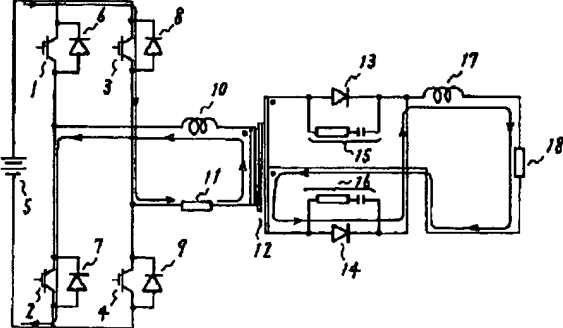
[Drawing 50]



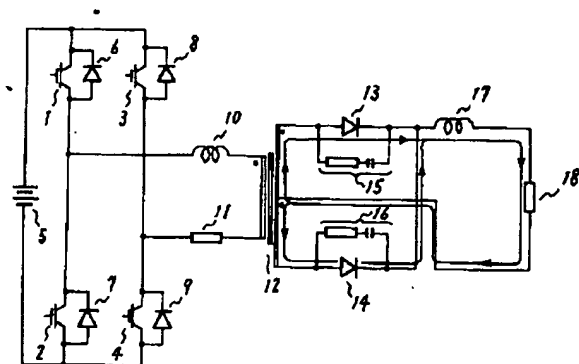
[Drawing 51]



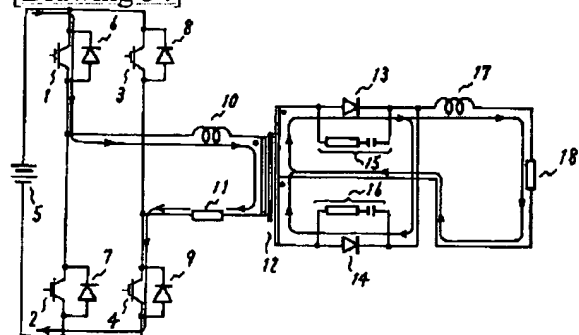
[Drawing 52]



[Drawing 53]



[Drawing 54]



[Translation done.]

